

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXVI.

**I. Ueber die Abhängigkeit der Fortpflanzung
des Lichts von der Körperdichte;
von Albrecht Schrauf in Wien.**

Aus den Theorien der Emanationshypothese haben wir bis heute eine Formel überkommen, welche ohne je zu höherer wissenschaftlicher Bedeutung erhoben worden zu seyn, dennoch wegen des Verhältnisses zwischen Körper und Licht, zu dessen Aufklärung sie beitragen soll, auch nie gänzlich ignoriert wurde; ich meine den Begriff des Brechungsvermögens unter der Form

$$\frac{n^2 - 1}{d} = C.$$

In dem Wesen der Emanationshypothese war nämlich die Möglichkeit begründet, zwischen den Licht- und Körpertheilchen, beide dem Gesetz der Schwere unterworfen gedacht, einen Connex theoretisch zu constatiren. Mit dem Untergang derselben mußten nun aber auch alle durch sie möglich gewordenen Sätze fallen; und so erging es auch hier; die Vibrationshypothese, welche die Fortpflanzung des Lichts dem schwerlosen Aether zuschreibt, konnte nicht zugeben, daß die früher angewendeten Deductionen zu Hülfe genommen wurden, und mußte mit den allgemeinen Schwingungsgleichungen beginnen. Auf diesem Wege war es selbst Fresnel, Neumann, Young, Mac Cullagh, Cauchy nicht gelungen eine Correlation zwischen den Gleichungen des Aethers und des Körpers zu finden, und wenn man auch nach Beseitigung immenser Schwierigkeiten bis zur *function principale* aufzusteigen vermochte, so machte hier die Unkenntniß derselben das Erkennen des Connexes der

beiden Systeme von Gleichungen unmöglich. Ohne aber eine Kritik über die genialen Arbeiten auf dem Gebiete dieser theoretischen Forschungen aussprechen zu wollen, verzeichne ich eben die Thatsache, daß sie bisher bloß theoretisch geleitet, ohne das Substrat der directen Beobachtung, nicht zur Erkenntniß eines Connexes führten.

So blieb auch die oben erwähnte Formel lange Zeit unbenutzt und die wenigen Untersuchungen konnten nur deren allgemeine Richtigkeit bestätigen, aber theoretische Forschungen auf diesem Gebiete lagen nicht im Geiste der Theorie und erst allmählich vermochte sich die Ueberzeugung Bahn zu brechen, daß auch der hier waltende Connex aufgesucht werden müsse. Ohne weitere Schlüsse zu beabsichtigen, wurden in letzter Zeit einige Arbeiten unternommen, welche die Einwirkung des Stoffes auf das Licht zum Vorwurf haben. Bei mehreren derselben wurde die althergebrachte Formel

$$\frac{n^2 - 1}{d} = C.$$

in Betracht gezogen und als überkommen angewendet, ohne einer theoretischen Betrachtung gewürdigt zu werden; andererseits ward sie aber auch vielfach angefochten und ihre Richtigkeit bezweifelt. Die Literatur dieses Gegenstandes will ich näherer Betrachtung unterziehen.

I. Literatur.

§. 1. Unter den diesen Gegenstand betreffenden Untersuchungen nehmen die von Laplace wohl die erste Stelle wegen ihrer Wichtigkeit ein, da er eine theoretische Ableitung derselben aus den Principien der Emanationstheorie gab.

Laplace ¹⁾ stellt als Relation, wenn s' den Abstand des betrachteten Lichttheilchens von der Oberfläche des Körpers und $H(s)$ die Function der Anziehung zwischen Körper und Lichttheilchen bedeutet, zwischen dem Einfallswinkel θ ,

1) Laplace, *Mécanique céleste* Vol. IV libr. X p. 232.

der Geschwindigkeit v des Lichts in der Luft, und der Dichte d des Körpers folgende Gleichungen auf:

$$\Pi_1(s') = \int_0^{\infty} \Pi(s) ds$$

$$K = \int_0^{\infty} \Pi_1(s') ds'$$

$$\sin \theta' = \frac{\sin \theta}{\sqrt{1 + \frac{4dK}{v^2}}}$$

Man erhält alsdann hier schon allgemein:

$$\frac{n^2 - 1}{d} = \frac{4K}{v^2}$$

Nach Laplace Hypothesen kann man nun sagen: es kann 1) die Function der Entfernung, welche den Einfluss der Körpertheilchen auf das Licht bestimmt, für jeden Körper eine verschiedene seyn; oder 2) sie unterscheidet sich von einem Körper zum andern nur durch das Product der Dichte in einen constanten Coëfficienten, welcher von den Eigenschaften des Körpers bestimmt wird. Dieser Coëfficient muß, da er die Einwirkung der Körper auf das Licht darstellen soll, proportional seyn dem Ausdruck:

$$\frac{4K}{v^2},$$

welcher eben die relative Intensität dieser Einwirkung zu erkennen giebt und daher als Ausdruck des specifischen Brechungsvermögens (*pouvoir réfringent*) zu gelten hat.

Diese Forschungen Laplace's sind die einzigen rein analytischen auf diesem Gebiete, die Mehrzahl der übrigen Forscher bewegt sich auf dem Gebiete der Beobachtung. Uebergeht man die experimentellen Untersuchungen von Laplace, indem ohnediefs nur die von Hawksbee 1710 publicirten einigen Werth besitzen würden, so sind alle folgenden schon auf dem Begriff Brechungsvermögen basirt und alle in einem mehr oder weniger innigen genetischen Zusammenhang.

Biot und Arago¹⁾ adoptirten vollkommen bei ihren Untersuchungen über die Refraction der Gase die obige Formel und erweiterten sie auch noch insofern, indem sie im Sinne der Emanationshypothese, das Gesetz aufstellten, daß die brechenden Kräfte eines zusammengesetzten Gases sich proportional den Bestandtheilen und den Procenten zeigen, d. i.:

$$\frac{N^2-1}{D} P = \frac{n^2-1}{d} p + \frac{r^2-1}{\delta} \pi.$$

Die Allgemeinheit dieses Satzes ward aber schon von Dulong²⁾ und Petit³⁾ bestritten und nur für jene Gase für geltend erklärt, bei denen keine Dichtigkeitsänderungen bei der Verbindung vor sich gehen. Mit diesen Untersuchungen waren nun für eine längere Zeit die Nachforschungen auf diesem Gebiete geschlossen. Man hatte durch Biot und Arago geglaubt, direct zur Rechnung der Brechungsexponenten fortschreiten zu können, und fand hier ein unüberwindliches Hinderniß; dann hemmte die damals auftauchende Vibrationshypothese den Verfolg solcher ihr fremden Ideen, endlich kam noch hinzu, daß manche der unternommenen Versuche von keinem günstigen Erfolge begleitet waren. Unter der Zahl dieser letzteren nimmt das Experiment Cooper's⁴⁾, aus den Brechungsexponenten des flüssigen Cyanwasserstoffs und Cyans den des Wasserstoffs (im flüssigen Zustande) zu 0,041 zu berechnen, einen hervorragenden Platz ein, wenn man nur bedenkt, welcher Sinn mit einem Brechungsexponenten < 1 verbunden werden kann. Doch allmählich vergrößerte sich die Zahl der Beobachtung von Brechungsexponenten und Dichten, und mit der Erweiterung dieses Materials wurden nun manche Forscher zu Beobachtungen über die Einwirkung des Stoffes auf die Brechung des Lichts geführt.

1) *Mem. d. l'Inst.* 1806.

2) Dulong, *Ann. d. Chim. et d. Phys.* XXXI. Pogg. Ann. VI.

3) Petit, *An. d. Chim. et d. Phys.* I.

4) *Phil. Mag. Ser. III, Vol. XIV, p. 186.*

So haben Becquerel und Cahours¹⁾ eine große Anzahl von Stoffen untersucht und hierbei folgende Resultate erhalten: »Körper von gleicher Zusammensetzung und wenig verschiedener Dichte besitzen einen, in enge Grenzen eingeschlossenen Brechungsexponenten, welcher dagegen mit der Verdichtung der Substanz wächst. Bei Flüssigkeiten bestehend aus Kohlenstoff und Sauerstoff sind die Brechungsverhältnisse und Brechungsvermögen desto beträchtlicher, je weniger Sauerstoff in der Substanz enthalten ist, vorausgesetzt, daß die Dichtigkeit dieser Körper nicht verschieden sey. Wenn aber die Dichtigkeit variiert, kann das Gegentheil eintreten, was offenbar beweist, daß die Dichtigkeit des Körpers im flüssigen Zustande ein Element von großem Einfluß ist.«

Welchen Einfluß die Dichte in quantitativer Beziehung wirklich hat, und daß die frühere Theorie die Constanz des Brechungsvermögens aufgestellt hat, haben sie in dieser Arbeit vollkommen ignorirt; sie versprachen auch eine Fortsetzung, die aber meines Wissens nicht erschienen ist.

Zu ähnlichen Schlüssen wie diese beiden Autoren kommt auch Deville²⁾ und bemerkt ebenfalls, daß isomere Körper bei gleicher Dichte gleiche Brechungsexponenten besitzen, legt aber großen Werth auf die Viscosität und meint, daß die Aenderungen, welche beim Uebergang vom dickflüssigen in den dünnflüssigen Zustand stattfinden, nicht dem Anwuchs der Dichte allein zugeschrieben werden können. Auch er ignorirt das Gesetz des Brechungsvermögens; in seiner späteren Arbeit³⁾ über die Mischungen wendet er wohl dasselbe an, ohne ihm jedoch eine Wichtigkeit beizulegen. Delffs⁴⁾, der die Brechungsexponenten von sechs Aetherarten bestimmte, kam ebenfalls zu dem Schluß: daß isomere Stoffe gleiche Brechungsexponenten besitzen und diese mit dem Mischungsgewicht wachsen; der Grund hiervon ist nicht

1) Becquerel und Cahours, *Compt. rend.* VI. 867. *Pogg. Ann.* LI. 427.

2) Deville, *Compt. rend.* XI. 865. *Pogg. Ann.* LI. 435.

3) Deville, *An. d. Chim. et Phys. Ser. III. Vol. V.* 129. *Pogg. Ann.* LVII. 267.

4) Delffs, *Pogg. Ann.* LXXXI. 470.

angegeben. Nach Delffs erschien die Arbeit von Beer und Kremers ¹⁾ über die Brechungsverhältnisse von Salzlösungen, woran Kremers ²⁾ einige theoretische Folgerungen knüpft, welche ich hier nicht übergehen kann. Letzterer hat nämlich aus den Lösungen die Exponenten der Salze abzuleiten gesucht und zwar zuerst mittelst der Formel

$$\frac{n^2 - 1}{D},$$

indem seine Meinung ist: »dafs man hiermit schon manches Brechungsvermögen berechnet hat, ohne ein allgemeines Gesetz aufzufinden; es wäre jedoch möglich, dafs diese Formel bemerkenswerthe Resultate liefere.« Im Laufe seiner Untersuchung verläfst er sie hingegen, und benutzt, um einen Fall einer von ihm ganz unnöthig geschaffenen Hypothese anzupassen, den Quotienten der Verhältnisse von Dichte und Fortpflanzung, d. i.:

$$\frac{n d'}{n' d}$$

Aber auch auf diesem Wege kommt er zu keinem bemerkenswerthen Resultate.

Der Zeit ihres Erscheinens nach wären hier die Untersuchungen von Grailich, Handl, Ad. Weifs, E. Weifs über die Brechungsexponenten und Dichten von Mischungen einzuschalten, allein da sie nicht den directen Connex im Auge behalten, sondern neue Theorien aufstellen, so kann ich sowohl sie als auch die von Hoek übergehen, und erst bei der Theorie der Mischungen ihre Ansichten ausführlicher besprechen.

Für die Theorie der eingangs erwähnten Formel sind aber von grofser Wichtigkeit die neuesten Arbeiten. Jammin hat in seinen Untersuchungen diese Formel vielfach als richtig angewendet, anderseits sie durch seine Arbeiten als unrichtig dargestellt, ohne eins von beiden genau zu bestimmen. Seine Ansicht ist: dafs während die Emissionstheorie die Constanz von

1) Beer und Kremers, Pogg. Ann. Cl, 133.

2) Kremers, Pogg. Ann. Cl, 459.

$$\frac{n^2 - 1}{d},$$

fordere, die Vibrationshypothese kein bestimmtes Gesetz der Aenderung verlange ¹⁾. So haben auch seine Versuche über die Brechungsexponenten des erkaltenden Wassers kein für die Constanz günstiges Resultat gegeben, indem noch unter 4° der Differentialrefractor eine Zunahme des Exponenten anzeigte. Wohl sagte über diesen Gegenstand Arago ²⁾, dafs die Beobachtungen an Wasser besser als mittelst Prismen, durch Benutzung der Interferenzfransen hergestellt werden können; doch macht auch schon Stokes ³⁾ aufmerksam, dafs man bei der Messung von Brechungsexponenten durch Verschiebung der Interferenzfransen etwas zu grofse Resultate erhält, weil wegen der gröfseren Breite der Strahlen für die weniger brechbaren die Mitte etwas stärker verschoben erscheint, als es in der That ist. Trotz dieser eben angeführten Thatsache, welche gegen das Gesetz spricht, hat Jamin dasselbe bei seinen spätern Untersuchungen benutzt. So hat er ⁴⁾ die Brechungsexponenten des Wassers bei verschiedenem Druck gemessen und die Fransenverschiebung am Interferentialrefractor den Druckkräften proportional gefunden; am Schlusse nimmt er den Begriff des Brechungsvermögens zu Hülfe und berechnet hieraus den Compressionscoëfficienten für HO; so erhält er eine Zahl, welche mit der von Grassi gefundenen

0,000504

nahezu identisch ist. Ebenso geht auch Jamin in seinen Untersuchungen über den Wasserdampf vom Biot-Arago'schen Gesetze aus, ohne über seine Gültigkeit theoretische Bemerkungen zu machen, und erhält so Resultate, welche mit den berechneten nicht stimmen; bedenkt man jedoch die vielen hier möglichen Fehlerquellen, so sieht man, dafs eine

1) Jamin, *Compt. rend. XLIII.* 1191. *Instit.* 1856 p. 453. *Arch. ph. nat.* XXXIV. 222 Pogg. Ann. C. 478. Liebig und Kopp Ann. 1856. 138.

2) Arago, *Compt. rend. XXXI.* 149. *Instit.* 1850. p. 249.

3) Stokes, *Instit.* 1850, p. 320. Silliman, *Americ. J.* (2) X. 392.

4) Jamin, *Ann. d. Chim. et de Phys.* LII. 163.

größere Uebereinstimmung auch beinahe nicht zu erwarten ist. So hat also dieser geniale Forscher trotz seiner vielfachen Anwendungen des Gesetzes, die Frage dennoch nicht entschieden, ob das specifische Brechungsvermögen unter allen Umständen wirklich constant bleibe. Auch die Arbeiten von Dale und Gladstone¹⁾, welche hierfür hätten bei passender Benutzung des Materials wichtig werden müssen, haben zwischen Dichte und Brechungsexponenten zu keiner Relation geführt, da bloß die absolute Wärme und nicht ihr Einfluß auf das Volumen in Betracht gezogen ward. Ueberhaupt haben die beiden Autoren, selbst wenn sie Vergleichen zwischen Dichte und Fortpflanzung anstellten, sich nicht der schon bekannten Relationen bedient, sondern griffen zu einer neuen:

$$P = \frac{d}{n-1}.$$

Betrachten wir nun die neueren Arbeiten, welche sämmtlich die Theorie des Brechungsvermögens berühren, so sind dieß vor allen die Untersuchungen Berthelot's²⁾, der in seiner Abhandlung über den Connex der Eigenschaften der Stoffe auch das Gebiet der optischen Phänomene in Betracht zieht. Er geht, ebenfalls ohne theoretische Betrachtungen, ohne auf die oft bezweifelte Constanz Rücksicht zu nehmen, von der Laplace'schen Formel aus und verwandelt sie, um sich auf das Aequivalent P beziehen zu können in:

$$P = \left(\frac{n^2 - 1}{d} \right).$$

Er berechnet hiemit einige Brechungsexponenten, ohne aber zu wichtigen durchgreifenden Resultaten zu gelangen.

Das Biot-Arago'sche Gesetz ward von Forthomme³⁾ auf Salzlösungen angewendet, um daraus die Salze selbst, ähnlich wie früher Kremers, zu berechnen, ohne jedoch weiter auf die theoretischen Folgerungen einzugehen.

1) Dale und Gladstone, *Phil. Trans.* 1858 p. 887. *Pogg. Ann.* CVIII, 632.

2) Berthelot, *An. d. Chim. et de Phys.* 1856. XLVIII, 342.

3) Forthomme, *An. d. Chim. et d. Phys.* LX, 307.

Im Jahre 1861 veröffentlichte De Roux ¹⁾ seine Beobachtung über die Brechungsexponenten einiger Grundstoffe in Gasform und berechnete auch schliesslich das Brechungsvermögen derselben, wobei er jedoch sagt: »Ohne $\frac{n^2 - 1}{d}$ eine Bedeutung beizulegen, kann dies dienen, um eine Idee zu geben von dem hervorgebrachten Effect einer gewissen Gewichtseinheit der verschiedenen Materie auf das Licht.« Gleichzeitig mit De Roux publicirte Hoek ²⁾, welcher ebenfalls die Idee eines vorhandenen Connexes erfasste, aber durch Benutzung ungenügender Beobachtungen zu keinen neuen Resultaten, sondern nur zur annähernden Verification der alten auf einem theoretischen Umwege gelangte. Seine Arbeiten werde ich, wie schon erwähnt, bei der Theorie der Mischungen genauer besprechen.

Während so die Formel des Brechungsvermögens bei den meisten Untersuchungen einige Berücksichtigung fand, war in letzter Zeit (1859) Pichot ³⁾ bemüht, dieselbe umzustossen. Er berechnet nämlich (ohne anzugeben, wie die Dichten genau bestimmt wurden) für Ethylchlorür (A) und schweflige Säure (B) die specifischen Brechungsvermögen bei verschiedenen Temperaturen zu:

A) 16°	0,956	B) 13°	0,586
45°	0,938	35°	0,551

und kommt daher wegen des sich zeigenden Unterschiedes zu dem Schluss: »On ne saurait donc admettre, en thèse général, que le pouvoir réfringent d'une vapeur soit constant à toute température et à toute pression, et que le pouvoir réfringent d'une liquide soit indépendant de la température.« Im Gegensatz zu diesem giebt er zu, daß die Salzlösungen nach dem Biot-Arago'schen Gesetz zu berechnen seyen. Sein Schluss lautet: »Je ne prétends tirer de ces derniers faits aucune induction théorique. Je les présente comme des règles empiriques.« Da in diesem kurzen Resumé der

1) De Roux, *Compt. rend.* LI. Nr. 5. *An. d. Chim. et d. Phys.* 1861 p. 418.

2) Hoek, *Pogg. Ann.* CXII. 347.

3) Pichot, *Compt. rend.* XLVIII, 1118.

Compt. rend. nicht die Beobachtungsdaten, welche über diese Untersuchungen Licht verbreiten würden, gegeben sind, so kann ich keine Kritik üben und nur in Bezug auf die theoretischen Folgerungen auf meine Untersuchungen verweisen.

Mit Pichot ist die mir bekannte Literatur erschöpft. So war nun (mit Ausschluss der neuesten Untersuchungen) der Stand der Frage, als ich durch meine Beobachtungen ¹⁾ über die Variation der Brechungsexponenten bei Krystallen derselben Species aber verschiedenen Fundortes gezwungen ward, den richtigen Grund dieser Thatsache aufzuspüren. Es gelang in vollständiger und umfassender Weise und ich konnte schon 1860 in der Kaiserl. Academie der Wissenschaften das Resultat hiervon hinterlegen und 1861 in Poggendorff's Annalen veröffentlichen. Aus dieser Abhandlung werde ich jene Sätze, welche den Connex der Körperdichte mit der Fortpflanzung des Lichts betreffen, in folgenden Zeilen ausführlich begründen.

II. Einfluss der Variationen einer axial gleichförmigen Körperdichte.

§. 2. Geht man jetzt zur Betrachtung der Grundsätze über, welche man den Forschungen nach einer Theorie zu Grunde legen kann, um allmählich von den einfachsten Thatsachen aufzusteigen, so ist vor allem der Unterschied bemerkbar, welchen die verschiedenen Hypothesen über die Fortpflanzung des Lichts hervorbringen. Während man nach der Emanationstheorie auf eine gegenseitige Einwirkung der Licht- und Körpertheilchen als wägbare Stoffe nach Laplace's Vorgang Rücksicht nehmen und sehr begreiflich finden würde, dass beide sich gegenseitig stören; ist dagegen die Möglichkeit eines Connexes nach der Vibrationstheorie bedeutend weniger ersichtlich, indem der imponderable Aether seine Bewegung ungestört fortsetzen, und nur Störungen zweiter Ordnung, wie Dispersion, Fluorescenz haben sollte. Einfach würde sich die Sache erklären nach der Grove'schen Ansicht, dass die Körpermoleküle

1) Sitzungsber. d. VVien. Acad. XLI.

als solche die Vibrationen fortpflanzen, wo dann wirklich Störungen erster Ordnung stattfinden müssen.

Ohne mich auf das schlüpfrige Kapitel wagen zu wollen, von Seite einer Hypothese die Möglichkeit eines Connexes zu beweisen, will ich einstweilen blofs die Prämissen erörtern, welche zur Lösung des Problems gegeben sind.

Hierher gehört vor allem, dafs a) durch vielfache Beobachtungen bestätigt wurde, dafs die Aenderungen in der Dichte immer zugleich von einer Variation des Brechungsexponenten begleitet sind, welche letztere b) von derselben Ordnung wie die ersten ist.

Beweise für diese Sätze anzuführen ist nicht nöthig, da sie sich durch die Beobachtungen von Hawksbee bis Deville immer bestätigt haben. Der Ausnahmefall des Wassers nach den Jamin'schen Beobachtungen wird theilweise durch die von Dale und Gladstone aufgehoben; anderseits sind dort die Aenderungen zu gering, um mit absoluter Genauigkeit Schlüsse zu erlauben.

Da nun nach a) und b) die Körperdichte einen direct nachweisbaren Einfluss auf die Fortpflanzung des Lichtes ausübt, so kann man c) die Einflussnahme auf den Aether einstweilen vernachlässigen und blofs die beiden gegebenen Substrata benutzen.

Zieht man schliesslich d) die einfache Betrachtung zu Hülfe, dafs der Brechungsexponent jeder Substanz streng defnirt werden mufs, so wird man augenblicklich zur Cauchy'schen Form desselben geführt. Es ist daher jeder Brechungsexponent als aus dem Refractions- und Dispersionscoëfficienten bestehend zu betrachten unter der Form:

$$(A) \quad \mu = A + \frac{B}{\lambda^2}.$$

Ohne weitere theoretische Forschungen über die moleculare Fortpflanzung zu machen, folgen doch schon aus den obigen vier Grundsätzen einige Anhaltspunkte, nach welchen der Connex stattfinden kann.

Da nach obigen dA und dD Aenderungen derselben Ordnung sind, so kann dies unter der allgemeinen Form:

dargestellt werden. Berechnet man einige solche Fälle, welche ich aber hier nicht anführen will, so gelangt man augenblicklich zur Kenntniss von $f(x)$; diese Function ist nämlich:

$$f(x) = \frac{C}{F(y)},$$

wobei nun $F(y)$ proportional A ist, so dass sie auch unter der Form:

$$f(x) = \frac{C}{A}$$

geschrieben werden kann. Hieraus folgt:

$$(I) \dots\dots\dots AdA = CdD.$$

Zieht man den Dispersionscoefficienten in Betracht, so zeigt sich dieser schon in der Cauchy'schen Formel von Quadraten abhängig; da ferner nach allen möglichen Vorstellungen die Dispersion nur durch moleculare Störungen höherer Ordnung hervorgerufen wird, so lässt sich, wie auch der Vergleich der Differenzen zeigt, als richtig postuliren, dass die Aenderungen in B eine Function sowohl der Dichte als auch ihrer Aenderung seyn werden, dass somit:

$$(II) \dots\dots\dots dB = C' DdD$$

Für diese beiden Differenzialgleichungen (I) und (II) sind noch die Gränzen ihrer Gültigkeit zu bestimmen.

Da alle bisherigen Beobachtungen lehrten, dass die Variationen ganz gesetzmässig bei ganz willkürlich gewählter Dichte und Brechungsverhältniss vor sich gehen, so müssen als Gränzen beider Gleichungen

$$D' = 0 \qquad D'' = \infty$$

angenommen werden. Da sich aus der Optik ergibt, dass mit $\lim D = 0$ die Fortpflanzung des Lichts ohne Verzögerung mit ihrer normalen Geschwindigkeit vor sich geht, so folgt für diese Gränze:

$$A = 1.$$

Anderseits ist es für den Dispersionscoefficienten erwiesen, dass die Dispersion mit der Dichte der Körper bedeutend

abnimmt, für Gase schon ein Minimum, für $D = 0$ aber
 $B = 0$

ist. Wir gewinnen somit die Formeln (III) und (IV):

$$(III) \quad \frac{A-1}{D} = M,$$

$$(IV) \quad \frac{B}{D^2} = N.$$

Diese Integrationsconstanten M und N sind im Verlaufe der Untersuchung von oftmaliger Anwendung und ich werde nicht nur fortwährend mich zur Bezeichnung der obigen Verhältnisse derselben Buchstaben bedienen, sondern auch sie mit eignen Namen bezeichnen und zwar nach der Analogie mit der Laplace'schen Formel sey M das specifische *Refractionvermögen* (*pouvoir réfringent*), N das specifische *Dispersionvermögen* (*pouvoir dispersent*).

Aus diesen Formeln (III) und (IV) ergeben sich schon einige Bemerkungen, welche, da sie mit dem hier zu behandelnden Gegenstand in keiner engeren Verbindung stehen, wohl hier zu besprechen sind.

Bedenkt man nämlich, dafs sich die Massen wie die Dichten, anderseits aber auch wie die Distanzen r der Molecule verhalten, so zeigt die Formel (IV), dafs die Dispersion, da sie auch nach Obigen dem Gesetz (V) genügen mufs,

$$(V) \quad \frac{B}{r^2} = C.N,$$

wie alle Folgen von anziehenden Kräften von dem reciproken Quadrate der Entfernung abhängig ist.

Eine andere Folge von (IV) ist: dafs die Fraunhofer'schen Linien bei Verdichtung der brechenden Substanz ihre Mitten gegen das violette Ende hin verschieben müssen, analog mit dem von A. Weifs beobachteten Absorptionsphänomen.

Wohl sollte nun allsogleich zur Verification der aufgestellten Formeln geschritten werden, allein es ist noch nöthig einige Einwürfe, welche vielleicht gegen die gebrauchte Form des Brechungsexponenten erhoben werden könnten, zu besprechen.

Man könnte nämlich von der noch allgemeineren Form

$$(B) \quad \mu = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}$$

ausgehen; oder für a, b, c folgende Formeln gelten lassen:

$$(a) \quad \left\{ \frac{\mu \frac{\lambda^4}{\lambda_v^4} - \mu_v}{\frac{\lambda^2}{\lambda_v^2} - 1} \right\} - \left\{ \frac{\mu \frac{\lambda^4}{\lambda_v^4} - \mu_v}{\frac{\lambda^2}{\lambda_v^2} - 1} \right\} = a \left\{ \frac{\lambda^2 - \lambda_v^2}{\lambda^2} \right\}$$

$$R = \mu - a$$

$$V = \mu_v - a$$

$$R \frac{\lambda^2}{\lambda_v^2} - V$$

$$(b) \quad \frac{R \frac{\lambda^2}{\lambda_v^2} - V}{\frac{\lambda^2}{\lambda_v^2} - 1} = \frac{b}{\lambda_v^2}$$

$$(c) \quad \mu_v - a - \frac{b}{\lambda_v^2} = \frac{c}{\lambda_v^4}$$

Es tritt hier der Fall ein, daß sowohl die Form (A) als auch die (B) des Brechungsexponenten den Beobachtungswerten desselben genügt, allein es ist hier auch nicht der Connex mit den übrigen Eigenschaften zu vergessen. Während ich nun (A) wegen der für die Theorie nöthigen Sicherheit genauen Berechnungen unterziehen werde, will ich hier nur vorgreifend die Unbenutzbarkeit der Form B darlegen. Berechnet man nämlich unter der Annahme

$$\lambda_p^2 = 6 \cdot 10^{-10}, \quad \lambda_b^2 = 4 \cdot 10^{-10}, \quad \lambda_n^2 = 2 \cdot 10^{-10}$$

für *Kreosot* (später folgen die nöthigen Beobachtungsdaten) a, b, c , dann das analog mit III gebildete M' , so erhält man für 13° und 70° nachstehende Daten:

$$13^\circ \quad a = 1,51875 \quad b = 0,05035 \quad c = 0,0195$$

$$M' = 0,001573 \quad \frac{b+c}{D^2} = 1,000 \times 10^{-8}$$

$$70^\circ \quad a = 1,4948 \quad b = 0,04050 \quad c = 0,0234$$

$$M' = 0,001545 \quad \frac{b+c}{D^2} = 1,012 \times 10^{-8}$$

Aus diesen Zahlen erhellt, dafs es nicht möglich wäre, so einfache Relationen wie (III) und (IV) aufzustellen, indem höchstens c mit d^4 in einem Connexe aufzufassen möglich wäre. Da aber diefs die Form (A) leistet, so gewähren diese Thatsachen nicht blofs die Berechtigung sie zu gebrauchen, sondern sie widerlegen auch die von Broch, Redtenbacher etc. vorgebrachten Bedenken gegen die Richtigkeit derselben.

Nach diesen Erörterungen erübrigt schliesslich nur noch die Betrachtung jener Grundsätze, welche es uns ermöglichen, die aufgestellten Formeln in ihrer vollsten Allgemeinheit zu prüfen und zu verificiren.

Hier ist der wichtigste Punkt der: dafs die Aenderungen der Dichte möglichst rein, frei von allen Beimischungen fremder Stoffe, dargestellt werden; es dürfen also nur Beobachtungen benutzt werden, welche an chemisch gleichen Präparaten bei verschiedenen, aber genau bestimmbarren Dichtigkeitszuständen gemacht wurden, aber andererseits mufs nicht blofs μ sondern A und B bekannt oder ableitbar seyn.

Bedenkt man diese beiden Punkte, so sieht man wohl die Schwierigkeit ihnen vollkommen zu genügen, da vereinzelte Thatsachen keine sicheren Schlüsse erlauben würden; allein glücklicherweise hat sich das hier nöthige Material in letzter Zeit bedeutend vermehrt. Es sind nämlich vorhanden 1) die Messungen von Dale und Gladstone, welche mit Berücksichtigung der Dispersion bei verschiedenen Temperaturen angestellt wurden; 2) einige Mineral-species, welche je nach ihrem Fundort verschiedene Dichte und Brechung besitzen, als z. B. Topas, Beryll, Apatit; für dieselben habe ich einige fehlende Beobachtungen nachgetragen — hier werden sich einige Unregelmäßigkeiten zeigen müssen, da bei Variation der Fundorte auch die absolute Identität der Substanz nicht verbürgt werden kann, 3) die allotropen Modificationen eines und desselben Stoffes, wie sie C, HO, P, CO₂, CaO darbieten, und endlich 4) die Vergleichung der Eigenschaften einiger Grundstoffe

in gasförmigem und festem Zustande, welche durch die Beobachtungen von De Roux möglich gemacht wurden.

Diese vier Fälle werde ich nun in den nächsten Paragraphen einer genauen Prüfung unterziehen.

§. 3. Bevor ich die Resultate der Berechnung mittheile ist es nöthig, die bei derselben befolgten Grundsätze zu erörtern.

Vor allem ward, um eine Gleichförmigkeit der berechneten M und N zu erzielen, der Dichte als Einheit die Dichte der atmosphärischen Luft zu Grunde gelegt, und in Folge dessen alle Angaben für (III) und (IV) umgewandelt in

$$\frac{\text{Körperdichte}}{773,48} = d.$$

Der Refractions- und Dispersionscoefficient von (A) ward berechnet nach

$$A = \frac{\mu_B \frac{\lambda_B^2}{\lambda_H^2} - \mu_H}{\frac{\lambda_B^2}{\lambda_H^2} - 1}$$

$$\frac{B}{\lambda_B^2} = \mu_B - A,$$

wobei ich für die Wellenlängen folgende Zahlen benutzte:

$$\lambda_B^2 = 6 \times 10^{-10}$$

$$\lambda_B^2 = 4 \times 10^{-10}$$

$$\lambda_B^2 = 2 \times 10^{-10}.$$

Den Dispersionscoefficienten reducirte ich nicht auf seinen wahren Werth, sondern benutzte den obigen Quotienten. Es enthält daher N auch λ_B^2 als Multiplicator, nur habe ich, um eine Vergleichung zu ermöglichen alle Berechnungen von (IV) auf rothes Licht basirt. Um die hiedurch entstehenden Decimalnullen wegzuschaffen, habe ich N mit 10^7 multiplicirt und schreibe daher durchgehends — beispielsweise sey Schwefelkohlenstoff erwähnt —

$$N\lambda_B^2 10^7 = 0,4791$$

statt

$$N\lambda_B^2 = 0,000\ 000\ 04791.$$

Diesen Fall habe ich trotz seiner Einfachheit deshalb erwähnt, um für spätere Vergleichenen ja keinen Zweifel hervorzurufen.

Der am Schlusse von §. 2 angeführte Plan fordert nun die Berechnung der Dale- und Gladstone'schen Messungen. Diese beiden Autoren haben aber nie die nöthigen Beobachtungen über die Dichtigkeitsverhältnisse angestellt, so dafs diese durch die glücklicherweise für jeden untersuchten Stoff vorliegenden Ausdehnungsformeln von Kopp und Pierre berechnet werden müssen. Durch diese Trennung der Beobachtung mufs natürlich die Genauigkeit einigen Abbruch erleiden, da die absolute Identität der Stoffe trotz aller sonstigen Genauigkeit immer etwas fraglich bleibt und besonders die Volumsdilatationen durch fremde Beimengungen beträchtliche Aenderungen zu erleiden vermögen.

Eine zweite Fehlerquelle ist: dafs die obigen Autoren den Winkel des Prisma als constant annahmen und nicht bei jedem Grad der Erhitzung prüften.

Diese möglichen Fehler können das Resultat vielleicht schon bedeutend afficiren, daher es nöthig ist, nicht blofs für die nachfolgenden Zahlen, sondern für die ganze Untersuchung den Einfluss von möglichen Fehlern auf das Resultat zu kennen. Ich habe daher für das Brechungsvermögen eine Tabelle berechnet, welche die Fehler in M bei gleichzeitiger Variation der Dichte um 0,0025 und der Brechungsexponenten um 0,0005 angiebt. Die Tabelle für die Dichten 1,0, 1,5 2,0, 3,0 berechnet, giebt die Fehler in M in Einheiten der achten Decimalstelle.

	1,0	1,5	2,0	3,0
1,3500	435	230	152	86
1,4000	493	260	168	95
1,5000	600	310	201	110
1,6000	715	362	252	138

Da ich in dieser Untersuchung M in Einheiten der sechsten oder siebenten Decimalstelle (wegen geänderter Dichteneinheit, welche auch in der Tabelle zu Grunde gelegt ward) angebe, so folgt, dafs diese so geringen Beob-

achtungsfehler schon von bedeutendem Einfluss sind. Bedenkt man, daß aber die wahrscheinlichen Fehlergrößen nicht die doppelten der oben angenommenen sind, so sind die nahezu vierfachen Werthe der obigen Tabelle hinreichend, die meist kleinen Abweichungen, welche in dieser Abhandlung vorkommen, mehr als genügend zu erklären.

Nach allen diesen Vorsichten kann man zur Anführung der erhaltenen Zahlenwerthe übergehen, welche in folgenden Tabellen geordnet sind.

Die erste Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der ersten Abhandlung veröffentlicht wurden. Die zweite Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der zweiten Abhandlung veröffentlicht wurden. Die dritte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der dritten Abhandlung veröffentlicht wurden.

Die vierte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der vierten Abhandlung veröffentlicht wurden. Die fünfte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der fünften Abhandlung veröffentlicht wurden.

Die sechste Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der sechsten Abhandlung veröffentlicht wurden. Die siebte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der siebten Abhandlung veröffentlicht wurden.

Die achte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der achten Abhandlung veröffentlicht wurden. Die neunte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der neunten Abhandlung veröffentlicht wurden.

Die zehnte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der zehnten Abhandlung veröffentlicht wurden. Die elfte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der elften Abhandlung veröffentlicht wurden.

Die zwölfte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der zwölften Abhandlung veröffentlicht wurden. Die dreizehnte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der dreizehnten Abhandlung veröffentlicht wurden.

Die vierzehnte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der vierzehnten Abhandlung veröffentlicht wurden. Die fünfzehnte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der fünfzehnten Abhandlung veröffentlicht wurden.

Die sechzehnte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der sechzehnten Abhandlung veröffentlicht wurden. Die siebzehnte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der siebzehnten Abhandlung veröffentlicht wurden.

Die achtzehnte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der achtzehnten Abhandlung veröffentlicht wurden. Die neunzehnte Tabelle enthält die Resultate der Beobachtungen, welche in der neunzehnten Abhandlung veröffentlicht wurden.

I. Schwefelkohlenstoff. CS₂.D = 1,2931 für 0° C. V = 1 + 0,0011398t + 0,000 001 3707t². Pierre.

t °C.	D	μ_A	μ_D	μ_H	A	M	$\frac{B}{\lambda^2}$	$N\lambda^2 10^7$
0°	1,2931	1,6217	1,6442	1,7175	1,5738	0,0014770	0,0479	0,4791
10	1,2783	1,6144	1,6346	1,7081	1,5675	0,0014739	0,0469	0,4800
20	1,2639	1,6076	1,6261	1,6993	1,5617	0,0014722	0,0459	0,4805
30	1,2499	1,5995	1,6182	1,6896	1,5544	0,0014652	0,0451	0,4828
40	1,2361	1,5919	1,6103	1,6810	1,5473	0,0014585	0,0446	0,4881

II. Aether. C₂H₆O.D = 0,7358 für 0° C. V = 1 + 0,0015132t + 0,000 002 3592t². Pierre.D = 0,7368 V = 1 + 0,00148026t + 0,000 003 50316t². Kopp.

t °C.	D	μ_A	μ_D	μ_H	A	M	$\frac{B}{\lambda^2}$	$N\lambda^2 10^7$
5°	0,73027	1,3585	1,3622	1,3740	1,3507	0,0014599	0,0078	0,2446
10	0,72481	1,3555	1,3592	1,3707	1,3479	0,0014573	0,0076	0,2419
20	0,71416	1,3508	1,3545	1,3658	1,3433	0,0014566	0,0075	0,2459
30	0,70381	1,3460	1,3496	1,3611	1,3385	0,0014545	0,0075	0,2532
34	0,69874	1,3442	1,3477	1,3595	1,3366	0,0014555	0,0076	0,2603

III. Alkohol. $C_4H_6O_2$.

$$D = 0,8095 \text{ für } 0^\circ \text{ C. } V = 1 + 0,0010413t + 0,000\,000\,7836t^2 + 0,000\,000\,017618t^3. \text{ Kopp.}$$

$t^\circ \text{C.}$	D	μ_A	μ_D	μ_H	A	M	$\frac{B}{\lambda^2}$	$N\lambda_Q^2 \cdot 10^7$
0°	0,8095	1,3658	—	1,3811	1,3581	0,0013491	0,0077	0,1965
10	0,8011	1,3617	1,3658	1,3769	1,3541	0,0013456	0,0076	0,1985
20	0,7927	1,3578	1,3615	1,3730	1,3502	0,0013427	0,0076	0,2022
30	0,7839	1,3537	1,3578	1,3687	1,3462	0,0013399	0,0075	0,2046
40	0,7752	1,3495	1,3536	1,3643	1,3421	0,0013365	0,0074	0,2065

IV. Holzgeist (Methelik). $C_2H_4O_2$.

$$D = 0,7997 \text{ für } 16^\circ \text{ C. } V = 1 + 0,0011342t + 0,000\,001\,3635t^2. \text{ Kopp.}$$

t°	D	μ_A	μ_D	μ_H	A	M	$\frac{B}{\lambda^2}$	$N\lambda_Q^2 \cdot 10^7$
0°	0,8146	1,3378	—	1,3519	1,3307	0,001223	0,0071	0,1789
10	0,8052	1,3343	—	1,3483	1,3273	0,001223	0,0070	0,1805

V. Amyloxyhydrat. $C_{10}H_{12}O_2$.

$$D = 0,8271 \text{ für } 0^\circ \text{ C. } V = 1 + 0,00089001t + 0,000\,000\,65729t^2. \text{ Pierre.}$$

t°	D	μ_A	μ_D	μ_H	A	M	$\frac{B}{\lambda^2}$	$N\lambda_Q^2 \cdot 10^7$
0°	0,8271	1,4084	—	1,4263	1,3994	0,001498	0,0090	0,2201
10	0,8197	1,4060	—	1,4238	1,3971	0,001502	0,0089	0,2214

VI. Kresot (Phenol). $C_{12}H_6O_2$. $D = 1,0838$ für 0°C . $V = 1 + 0,0006744t + 0,0000017210t^2$. Kopp.

$t^\circ \text{C}$.	D	μ_A	μ_D	μ_H	A	M	$\frac{B}{\lambda^2 \varrho}$	$N \lambda_D^{10'}$
13°	1,0740	1,5377	1,5488	1,5886	1,5122	0,001549	0,0255	0,3697
25	1,0654	1,5321	1,5429	1,5823	1,5070	0,001543	0,0251	0,3697
30	1,0618	1,5301	1,5413	1,5802	1,5051	0,001541	0,0250	0,3709
40	1,0546	1,5254	1,5362	1,5748	1,5007	0,001535	0,0247	0,3714
50	1,0476	1,5205	1,5311	1,5692	1,4962	0,001542	0,0243	0,3703
60	1,0406	1,5156	1,5262	1,5637	1,4916	0,001522	0,0241	0,3722
70	1,0337	1,5109	1,5209	1,5587	1,4870	0,001515	0,0239	0,3740

VII. Wasser. H_2O .

$t^\circ \text{C}$.	D	μ_A	μ_D	μ_H	A	M	$\frac{B}{\lambda^2 \varrho}$	$N \lambda_D^{10'}$
1°	1,000050	1,32913	—	1,31377	1,32181	0,0009662	0,00732	0,1224
4	1,000112	1,32902	1,33367	1,34366	1,32170	0,0009658	0,00732	0,1224
10	0,999855	1,3288	1,3327	1,3434	1,3215	0,000965	0,0073	0,1220
20	0,998408	1,3279	1,3320	1,3427	1,3205	0,000963	0,0074	0,1241
30	0,995802	1,3270	1,3309	1,3415	1,3198	0,000964	0,0072	0,1214
40	0,992560	1,3257	1,3297	1,3410	1,3181	0,000961	0,0076	0,1290
50	0,988563	1,3241	1,3280	1,3388	1,3167	0,000960	0,0074	0,1266

Aufser diesen Beobachtungen, welche die Dispersion berücksichtigen, liegen noch von Dale und Gladstone Beobachtungen über Phosphor vor. Da aber bei diesem blofs die Fraunhofer'sche Linie *D* beobachtet ward, so ist es erklärlich, dafs wenn man in (III) den Brechungs-exponenten selbst substituirt, das gerechnete *M* mit der Temperaturzunahme immer kleiner werden mufs, da die Dispersion, wenn sie in Betracht gezogen worden wäre, den Coëfficienten *A* eben durch ihre Abnahme vergrößert hätte. Diefs ist auch aus Nachfolgendem ersichtlich.

VII. Phosphor.

$$D = 1,826 \text{ für } 10^{\circ} \text{ C. } V_{\text{fest}} = 1 + 0,000383 t.$$

$$V_{\text{flüssig}} = 1,05173 + 0,000532 t \text{ Kopp.}$$

$t^{\circ} \text{ C.}$	<i>D</i>	μ_D	<i>M</i>
30	1,7362	2,0741	0,002459
40	1,7274	2,0677	0,002452
50	1,7188	2,0603	0,002441
60	1,7102	2,0515	0,002426
70	1,7008	2,0422	0,002409

Mit dieser Tabelle ist die Berechnung der mir bekannten Daten geschlossen, und es bleibt hier nur noch übrig, einige Bemerkungen über die stattfindenden Abweichungen zu machen. Bei Wasser tritt eine geringere Uebereinstimmung zu Tage, als man erwarten sollte; bedenkt man jedoch, welche Schwierigkeiten sich den Messungen bei 0° C. auch in genauer Bestimmung der Temperatur entgegenstellen, dafs ferner nicht auf die Fraunhofer'schen Linien, sondern nur auf die ihnen entsprechenden Farben eingestellt ward, so verliert diese Ungenauigkeit viel an ihrem Gewicht. Größere Fehler als Wasser zeigen Alkohol und Aether; hier ist aber die Temperatur schon sehr bedeutend für die Verdampfung, welche sie hervorrufen und welche die Molecular-Zustände immer ändern mufs; anderseits afficiren auch die geringsten Beobachtungsfehler wegen der geringen Dispersion das Resultat ungemein. Für den Dispersionscoëfficienten und das Dispersionsvermögen sind überhaupt nur

jene Stoffe von Wichtigkeit, welche bedeutende Zerstreuung, weit bedeutender als die möglichen Fehler, besitzen, wie dies bei S_2C oder $C_{12}H_6O_2$ der Fall ist.

Aus den Rechnungen ersieht man ferner, daß auch der Winkel des Prisma mit der Temperatur variierte und nicht nach der Meinung der Autoren constant blieb, da die Brechungsexponenten insgesamt mit der Zunahme der Temperatur um einen nahe gleichen Winkelwerth zu klein sind, um dem Gesetze (III) vollständig zu genügen.

Es ergibt sich aber schliesslich als Resultat dieses Paragraphen, daß die Formeln (III) und (IV) sich innerhalb der möglichen Fehlergrößen als richtig bewährt haben.

§. 4. Sucht man nach einer zweiten Reihe von That-sachen, geeignet die obigen Sätze zu controliren, so findet man im Mineralreich einige Substanzen, welche verschiedene Brechungsexponenten besitzen. So ist es schon seit längerer Zeit bekannt, daß die Topase der verschiedenen Localitäten verschiedene Axenwinkel und Brechungsexponenten besitzen, und eben dieser Fall zeigte sich durch die Untersuchungen von Descloizeaux zuerst am Beryll und die von mir am Apatit. Der Grund dieser Erscheinung ist meines Wissens nirgends angegeben noch auch gesucht worden; anfänglich glaubte ich denselben in einer bedeutend verschiedenen chemischen Zusammensetzung suchen zu müssen, allein ein gründliches Studium sowohl der chemischen Verhältnisse als auch der Bestimmung der fehlenden Daten für die Dichtigkeit liefs den Grund in den Formeln (III) und (IV) erkennen.

Bei diesen krystallinischen Medien sind aber einige wichtige Bemerkungen nöthig. Wir besitzen nämlich für dieselben bloß den Ausdruck einer *mittleren* Dichte, wie er durch die Beobachtungen gegeben wird, und drei Brechungsexponenten. Um beide Formen homogen zu machen, benutzte ich den Vergleich zwischen dem Volum der Kugel und der Ellipse, und nenne daher im Verlaufe dieser Untersuchung den *mittleren* Brechungsexponenten nicht β , sondern für die zweiaxigen Substanzen

$$\mu R = \sqrt[3]{\alpha\beta\gamma}$$

bei einaxigen hingegen

$$\mu R = \sqrt[3]{\omega\omega\epsilon}$$

und analog hiermit A , B , M , N , wenn diese Größen in Betracht zu ziehen sind.

Für die in diesem Paragraphen vorliegenden Substanzen ist es nicht möglich, die Dispersion vollkommen in Rechnung zu ziehen, da hiefür theils die nöthigen Daten fehlen, theils den vorhandenen die absolute Genauigkeit mangelt; man ist daher gezwungen in Formel (III) statt A zu substituiren μR , um mindestens einigermaßen das Gesetz in Anwendung bringen zu können.

I. *Topas*. Die Messungen Rudberg's beziehen sich auf brasilianischen (β), die von Heufser auf Schneckensteiner (σ); wegen der Mangelhaftigkeit der letzteren ist μ zu benutzen. Die angegebenen Dichten habe ich an Stücken des k. k. Hofmineralienkabinetts, so wie auch die im Folgenden angegebenen von Apatit und Beryll beobachtet; da aber Dichte und Brechungsexponenten nicht auf dieselbe Stücke sich beziehen können, und da von den frühern Autoren keine Angaben über ihre beobachteten Dichtigkeitsverhältnisse an den Originalstücken vorliegen, so ist auch die Uebereinstimmung nicht strenge zu erwarten.

	D	α	β	γ	μR	M
β	3,52	1,62408	1,61668	1,61452	1,6184	0,0005949
σ	3,54	1,62898	1,61965	1,61800	1,6202	0,0005945

II. *Apatit*. Heusser beobachtete an Exemplaren von (Z) Zillerthal, ich an solchen von Jumilla (J).

	D	α	ω	μR	M
J	3,22	1,63448	1,63896	1,6374	0,0006751
Z	3,24	1,64172	1,64607	1,6446	0,0006804

III. *Beryll*. Für diese Species benutze ich meine Beobachtungen, welche mindestens einige Anhaltspunkte über die Dispersion gewähren, daher ich auch hier aus den angegebenen μ , und μ , A berechnet habe. Die Messungen von Descloizeaux für μ stimmen nahe mit meinen. Es

bedeuten ferner (*N*) Nertschinsker, (*E*) Elbaner, (*G*) Grão Mogor Vorkommnisse.

	<i>D</i>	<i>r</i>	<i>ω</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>N</i> , 10 ⁷
<i>N</i>	2,6618	{1,56165 1,58393	{1,56630 1,58818	1,5536	0,0006869	0,025
<i>E</i>	2,6932	{1,56540 1,58261	{1,57028 1,58884	1,5597	0,0006879	0,020
<i>G</i>	2,7082	{1,57148 1,59542	{1,57762 1,60321	1,5631	0,0006891	0,022

Diese Rechnungen zeigen also, daß sich (III) auch hier vollkommen bewährt; was hingegen die Dispersion betrifft, so liegen nur meine Beobachtungen am Beryll vor und diese stimmen für *E* und *G* ganz gut, nur *N* läßt sich weniger gut vergleichen, wie obige Zahlen lehren; wovon aber nur die geringere Genauigkeit der Messungen die Schuld trägt.

Außer diesen Verificationen zeigt aber auch dieser Paragraph, daß diese Mineralspecies, zu welchen noch mehrere andere, insbesondere Glimmer gehören, trotz mancher ihrer durch ihren Fundort hervorgebrachten Variationen, nicht in Unterabtheilungen zerfällt werden dürfen, indem stattfindende Aenderungen, wenn auch scheinbar regellos, doch nur der Ausfluß eines bekannten Gesetzes sind.

§. 5. In den bisher betrachteten Fällen ward bei jeder Variation der Dichte stillschweigend vorausgesetzt, daß diese nicht weit auseinander liegende Gränzen nicht überschreite; in diesem Paragraphen soll auch zur Betrachtung dieser Möglichkeit geschritten und gezeigt werden, daß die Fortpflanzung des Lichts auch durch Aenderungen der Form nicht beirrt werde.

Es liegen wohl über die allotropen Modificationen wenig optische Beobachtungen vor, allein selbst diese werden besonders für den Refractionscoefficienten genügen; für den Dispersionscoefficienten hingegen, welcher weit empfindlicher ist, werden noch genauere Messungen nachfolgen müssen, um die Frage über den möglichen Einfluß der Form zur absoluten Entscheidung zu bringen.

Für die allotropen Zustände des Kohlenstoffs besitzen wir die Reflexionsbeobachtungen Jamin's am Diamant und Anthracit; für die des kohlen sauren Kalkes die von Rudberg; für die Uebergänge aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand von Wasser und Phosphor die von Dale und Gladstone. Die anzuwendenden Dichten sind nur von $\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$ unzweifelhaft bestimmt, bei den übrigen erfordern sie einige Auswahl. Für Anthracit sind viele Analysen vorhanden, welche durchschnittlich gegen 90 Proc. C anzeigen mit Variationen des specifischen Gewichts zwischen 1,3 bis 1,6. Ich benutzte die Angaben Regnault's, der für einen nordamerikanischen Anthracit bei 92 Proc. Kohlenstoff $d = 1,4$ bestimmt. Für Wasser benutzte ich die Messungen von Joule und Playfair, mit welchen auch die neuesten Untersuchungen von Dufour ¹⁾ und das Mittel aller vorhandenen frühern Bestimmungen übereinstimmt. Für Phosphor geben Dale und Gladstone selbst $D = 1,823$ und $D' = 1,763$ an; allein diese wurden erst nach den optischen Messungen bestimmt, daher ich die Angaben Kopp's über Volumdilation vorziehe. Schliesslich bemerke ich, dass nur bei CO_2 , CaO der Refractionscoefficient, bei den übrigen aber μ benutzt werden musste.

I. Kohlenstoff. α Diamant. β Anthracit.			
α	$d = 3,5$	$\mu = 2,434$	$M = 0,001820$
β	$= 1,4$	$= 1,720$	$= 0,001809$

II. Wasser. α Wasser. β Eis.			
α	$d = 1,0$	$\mu_{\gamma\lambda} = 1,3330$	$M = 0,0010048$
β	$= 0,9181$	$= 1,3089$	$= 0,0010046$

III. Phosphor. $D = 1,826$ bei 10° Kopp.			
	$\alpha_{\text{fest}} = V = 1 + 0,000383 t$		
	$\beta_{\text{flüssig}} = V = 1,05173 + 0,000532 t$		
α	$d = 1,8087$	$\mu_{\gamma\lambda} = 2,1168$	$M = 0,002489$
β	$= 1,7318$	$= 2,0709$	$= 0,002455$

Wollte man beim Phosphor die Dispersion berücksichtigen, so könnte man die bei $t = 25^\circ$ und $t = 30^\circ$ gemach-

1) Dufour *Compt. rend. Juin 1860. Phil. Mag. XX, 248.*

ten Beobachtungen zu Hülfe ziehen und den hieraus berechneten Dispersionscoefficienten direct bei $t = 35^\circ$ zur Ermittlung von A anwenden. Es folgt hieraus

$$\begin{array}{lll} \alpha & d = 1,8087 & A = 1,9766 \quad M = 0,002078 \\ & B = 0,1402 & N 10^7 = 0,7277 \\ \beta & d = 1,7318 & A = 1,9410 \quad M = 0,002066 \\ & B = 0,1299 & N 10^7 = 0,7207 \end{array}$$

Die gegen früher bedeutend bessere Uebereinstimmung mit (III) ist auffallend und beweist zugleich auch die Nothwendigkeit des Gesetzes (IV).

IV. Kohlensäurer Kalk. α Kalkspath, β Arragonit.

$$\begin{array}{lll} \alpha & d = 2,73 & A, = 1,5801 \quad M, = 0,0007091, \\ & B, = 0,01268 & N, 10^7 = 0,0285 \\ \beta & d = 2,94 & A, = 1,6067 \quad M, = 0,0007067 \\ & B, = 0,01161 & N, 10^7 = 0,0225 \end{array}$$

Die hier auftretenden Abweichungen sind einerseits wohl hervorgerufen durch die Nothwendigkeit das geometrische Mittel benutzen zu müssen, anderseits ist aber auch wirklich die Dispersion bei Kalkspath bedeutender als bei Arragonit. Will man nun keinen Fehler der Beobachtungen zugestehen, so sind vor allen noch genauere Messungen als die Rudberg's nöthig, um absolute Beweiskraft zu besitzen.

§. 6. Wir haben nachzuweisen gesucht, daß das Brechungsvermögen bei jeder Aenderung der Dichte, und selbst wenn sie einen allotropen Zustand herbeizuführen vermöchte, sich constant erhält; allein es sind außer diesen noch bedeutendere und zwar die Uebergänge in den gasförmigen Zustand zu beachten. Eine solche Transformation, welche mit einer Variation des Volums um mehr als das tausendfache verbunden ist, muß bedeutende Wichtigkeit besitzen und vermag vielleicht für die Theorie entscheidende Merkmale zu enthalten. Glücklicherweise liegen für einige Stoffe Messungen vor, welche hinreichen, über die hier stattfindenden Gesetze ins Klare zu kommen,

De Roux hat nämlich die Brechungsexponenten von Schwefel, Phosphor, Arsen, Quecksilber im gasförmigen Zustand bestimmt, während über Phosphor von Gladstone und Dale, über Schwefel von mir Beobachtungen vorliegen. Da aber erstgenannter die Dispersion nur qualitativ bestimmte, so ist zum Vergleiche nicht A , sondern μ_q zu benutzen, bei Schwefel überdies μ_R .

Es ist also:

im gasförmigen Zustand			
S	$d = 6,617$	$\mu_q = 1,001629$	$M = 0,000492$
P	$d = 4,355$	$\mu_q = 1,001364$	$M = 0,000626$
im festen Zustand			
S	$d = 2,065^1)$	$\mu_q R = 2,053$	$M = 0,002017$
P	$d = 1,823^2)$	$\mu_q = 2,106$	$M = 0,002437$

Aus diesen Zahlen ergäbe sich nicht nur eine geringe Variation des Brechungsvermögens, sondern eine totale Verschiedenheit; allein vergleicht man das vierfache Multiplum des M für gasförmige Zustände mit M_{fest} , so erhält man folgende Zusammenstellung:

S	$M_{\text{gas}} = 492$	$4 \times M_{\text{gas}} = 1968$	$M_{\text{fest}} = 2017$
P	$= 616$	$= 2504$	$= 2437$

und ersieht hieraus, dass die Function in ihrem Multiplum so nahe übereinstimmt und sogar von $+$ in $-$ variirt, dass man diese geringen und selbst grössere Abweichungen den Fehlern in den beobachteten Farben zuschreiben kann. Will man nun die beobachteten Dampfdichten nicht reduciren, welche Möglichkeit vorhanden wäre, so ergibt sich als Verallgemeinerung der Formel (III) folgender Grundsatz:

Das Brechungsvermögen jedes Körpers ist ein constantes oder ein Multiplum hievon mit den einfachsten Factoren aus der Reihe der natürlichen Zahlen:

$$(V) \quad \dots \dots n \left(\frac{A^2 - 1}{d} \right) = M.$$

Ohne meinen weiteren Untersuchungen vorgreifen zu wollen, welche eben den Zusammenhang der chemischen

1) Kopp und Deville.

2) Gladstone und Dale.

Formel mit dem Brechungsvermögen zum Object haben, kann ich doch schon hier einige Sätze zur Präcisirung der vorkommenden Multipla anführen.

Man kann nämlich jedesmal die Größe des Multiplum erkennen, wenn man bedenkt, daß der aus M berechnete Brechungsexponent gewissen aus der Praxis genommenen Regeln unterworfen seyn muß. So haben die Beobachtungen gelehrt, daß für Gase und Dämpfe μ zwischen 1,0002 — 1,002, für Körper von mittlerer Dichte zwischen 1,33 — 1,7 liegt. Beispielsweise würde $M_{\text{test}} = 0,0002$ für Schwefelgas von der Dichte 6,62, $\mu = 1,0066$ verlangen; eine vollkommen gegen die Erfahrung streitende Zahl, welche auch nicht, sondern nur der vierte Theil hievon, beobachtet ward. Ausnahmen sind kaum registriert von diesen obigen Grundsätzen, deren Gesetzmäßigkeit vollkommen hinreicht, die Multiplikatoren von M in (V) zu bestimmen.

§. 7. Bei den bisher untersuchten Körpern ward noch als Hauptmoment die Gleichheit der Dichte nach den drei Hauptdimensionen hervorgehoben. Ohne zu untersuchen, welche Einwirkung die Molecularanordnung durch die Aenderung der Dichte erfährt, ist es uns gelungen, die Beweise für die Constanz des Brechungs- und Dispersionsvermögens herzustellen. Allein diese Gesetze zeigten sich nicht bloß richtig in der speciellen Form, sondern erhoben sich zur Allgemeinheit unter dem in (V) besprochenen Ausdrucke, daß das Brechungsvermögen für jede Substanz in ihrer Modification ein einfaches Multiplum einer constanten Zahl sey. Die Gesetzmäßigkeit der Brechungsexponenten reicht hin, diese Coefficienten unzweifelhaft zu bestimmen. An diese Theoreme sind, bevor man zur Betrachtung der krystallisirten Körper übergehen kann, noch einige Bemerkungen zu knüpfen.

So erhellt vor allen, daß in Folge (III), (IV), (V) nicht die Elasticitäts- sondern nur die Dichtigkeitsvariationen in den Körpern von entscheidendem Einfluß auf die Fortpflanzung des Lichts sind, und daß, wenn auch erstere eintreten, sie nur Functionen der zweiten seyn können, womit also die

Fresnel'sche Grundlage der Vibrationstheorie eine neue Bestätigung erhält, indem ja anderseits aus den durchgeführten Paragraphen folgt, daß die *Aetherdichte* der des *Körpers gleich oder proportional* gesetzt werden muß.

Mit diesen Consequenzen ward ermittelt, daß, da M und N in ihrer jetzigen Fassung nur von der chemischen Constitution der Körper abhängig sind und hinreichen die Geschwindigkeit des Lichts zwischen den allgemeinsten Grenzen zu bestimmen, nun die Fortpflanzung der Lichtvibrationen für isophane Körper auf eine Function der chemischen Formel zurückgeführt ist.

III. Einfluß der Variationen einer axial ungleichförmigen Körperdichte.

§. 8. In den vorhergehenden Untersuchungen ward bisher die Dichte als vollkommen gleichmäfsig angenommen, und selbst bei den Berechnungen krystallisirter Substanzen nie ein specieller Brechungsexponent, sondern nur der mittlere berechnete mit der mittleren beobachteten Dichte verglichen, d. h. selbst die Krystalle wurden ihres eigentlichen Charakters entkleidet und als isophan betrachtet. Doch dieß ist nicht immer möglich und die Theorie ist in ihrem Fortschritte eben angewiesen, die Orientirung der Dichte und Brechungsexponenten nach den Elasticitätsaxen zu würdigen.

Betrachtet man nur oberflächlich die Verhältnisse der krystallisirten Körper und die von Seite der Vibrationstheorie bis jetzt gegebenen Aufklärungen, so erheben sich viele Zweifel an der Möglichkeit eines Einflusses der Körperdichte. Doch getragen von der Ueberzeugung der Einheit der Materie und des Connexes ihrer Eigenschaften können solche Zweifel nicht Platz gewinnen, und sie zeigen sich auch unbegründet, sobald alle bezüglichen Prämissen gesammelt und geordnet sind. Diese Prämissen lassen sich in Beantwortung der Frage: findet ein Causalnexus zwischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Dichte statt, in einige Punkte zusammenfassen:

1) Die Beobachtungen von Rudberg haben gezeigt, daß die Variationen der Dichte von solchen der Brechungsexponenten begleitet sind. 2) Lehren alle Elasticitäts- und Dichtigkeitsversuche, daß letztere nach den drei Dimensionen symmetrisch variiren. 3) Da schließlich nach §. 7 die Dichte des Aethers mit der des Körpers proportional ist, so kann allgemein die Doppelbrechung mit den Dichtigkeitsvariationen in Connex gebracht werden.

Schwieriger ist die Frage zu entscheiden, welcher Zusammenhang zwischen der Schwingungsrichtung und der orientirten Dichte bestehen könne. Bei den isophanen Körpern ist man nämlich nicht genöthigt, eine bestimmte Formulirung hierüber zu geben, welche axiale Dichte, ob die gegen die Fortpflanzungsrichtung des Strahls normale (D_n) oder tangentielle (D_t), von Einfluß sey. Da dieß aber für Krystalle von absoluter Nothwendigkeit ist, so sind die verschiedenen Combinationen von D_n , D_t mit ihrem Einfluß auf die Doppelbrechung zu untersuchen.

Würde nun in der Formel (III) D_t substituirt, so haben wir für jede Richtung nur einerlei D und hiermit wäre die Doppelbrechung ausgeschlossen. Ein zweiter Fall wäre, daß das Product

$$D_n D_t$$

vorkäme. Betrachtet man aber das Ellipsoïd mit den Axen a , b , c , so hat der Strahl die Geschwindigkeiten:

$$\begin{array}{cc} \parallel c & ab \\ \parallel b & ac \end{array}$$

und es wäre daher im Allgemeinen mit der Annahme des zweiten Falles ausgesprochen, daß

$$a = f(D_n D_c)$$

$$a = f(D_n D_b)$$

d. h. die zwei möglichen Brechungsexponenten für Variationen parallel einer Axe nicht einen, sondern zwei verschiedene Werthe besitzen müßten. Ein Fall, der von theoretischer Seite nicht unbedingt zu läugnen wäre, da ja die hervorgebrachten Unterschiede nicht allzugroß wären, wenn

nicht die wichtigen Beobachtungen Fresnel's die absolute Identität bewiesen hätten.

Aus diesen Beobachtungen folgt, daß nur D_{\parallel} , d. i. jene Dichte, welche der Schwingungsrichtung parallel ist, von Einfluß seyn kann. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit erscheint somit abhängig von dem Widerstande, welchen die seitlichen Theile dem Verschieben aus ihrer Ruhelage entgegensetzen; während die *longitudinale* Fortpflanzung des Stosses *unabhängig* von der Dichte ist. Letzteres ist besonders wichtig und hervorzuheben wegen der Uebereinstimmung mit den Theorien der Vibrationshypothese, welche die nahezu unendliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen Vibrationen fordert.

Ferner beschränkt der Ausschluss der tangentialen Dichte die anwendbaren Formeln, und wir haben es daher aller Wahrscheinlichkeit nach nur mit (III) und (IV) zu thun, da ja das früher erwähnte Fresnel'sche Experiment sowohl für A als für B Gültigkeit besitzt, und der früher gewonnene Grundsatz der Einheit der Materie und ihres Brechungsvermögens die Mittel an die Hand giebt, diese Sätze indirect zu controliren.

Die Untersuchungen sind bisher nur in ihrer allgemeinsten Form, bezogen auf drei senkrechten Elasticitätsaxen, aufgefaßt worden, ohne deshalb absichtlich die schiefprismatischen Substanzen ausschließen zu wollen, welche nach meiner Voraussicht vielleicht eine Modification, aber keine gänzliche Umgestaltung der Theorie erfordern werden. Vorerst handelt es sich um die Feststellung des Principes, daß jeder Stoff nur *eine* genau präcisirte Einwirkung auf das Licht besitzt; mögen nun im Verlaufe der Untersuchungen spätere Beobachtungen lehren, daß die Krystallgestalt auf die Dispersion merklichen Einfluß besitzt, so sind diese Hypothesen für den jetzigen Augenblick, wo kaum genügendes Material für die Hauptpunkte vorliegt, nicht der Beurtheilung zu unterziehen, besonders da meine Rechnungen, wenn sie schon Abweichungen von der strengen Gesetzmäßigkeit doch nie so präcisirte lieferten, daß es möglich gewesen

wäre, auf irgend einen weiteren störenden Factor außer der Dichte zu schließen.

§. 9. Um einen directen Beweis herzustellen, daß für die krystallisirten Körper ebenfalls die Formeln (III) und (IV) Geltung haben, mangeln noch einige nöthigen Daten, denn wir besitzen wohl die Kenntniss der drei Brechungsexponenten und der mittleren Dichte (D) des Körpers, hingegen nicht die der axialen Dichte nach den drei Axen ($D_\alpha D_\beta D_\gamma$). In der Erwartung daher, daß vielleicht später diese Daten entweder als Functionen der Krystallgestalt durch Induction abgeleitet oder durch sklerometrische oder magnetische Messungen bestimmt werden, müssen wir einstweilen einen indirecten Weg zur Verification der Formeln benutzen.

Da wir nämlich zu beweisen haben, daß

$$(VI) \quad \frac{A_\alpha^2 - 1}{D_\alpha} = \frac{A_\beta^2 - 1}{D_\beta} = \frac{A_\gamma^2 - 1}{D_\gamma} = M$$

$$(VII) \quad \frac{B_\alpha}{D_\alpha^2} = \frac{B_\beta}{D_\beta^2} = \frac{B_\gamma}{D_\gamma^2} = N,$$

so können wir eins dieser Gesetze als richtig annehmen und mit Hülfe dessen das zweite beweisen. Es ist daher MR aus D und AR zu bestimmen, dies liefert mittelst (VI) $D_\alpha, D_\beta, D_\gamma$, und nun muß nach deren Substitution (VII) sich als richtig bewähren; aber auch die umgekehrte Reihenfolge der Benutzung der Gleichungen muß zu demselben Ziele führen. Zu bemerken ist, daß wenn man aus dem mittleren M_{VI} und N_{VII} die Brechungsexponenten zurückberechnet, sie mit den beobachteten übereinstimmen müssen.

Nachdem auf diese Weise der zu befolgende Gang des Beweises festgestellt ist, so können wir vorerst, daß ein Connex zwischen Dichte und Brechungsexponenten vorhanden sey, wie wir in §. 8 erwähnten, direct nach Art der §§. 3, 4, 5 nachweisen. Es sind also die Variationen von D und μ zu vergleichen. Bedenkt man die Schwierigkeit solcher Messungen, so ist es wohl erklärlich, daß nur eine optische Beobachtung dieser Art von Rudberg vorhanden

ist, welche aber in Verbindung mit den Dilatationsversuchen von Mitscherlich und Pfaff hinreichend genügt. Rudberg ¹⁾ hat die Brechungsexponenten $\mu_{\beta\lambda}$ für Bergkrystall, Kalkspath, Arragonit bestimmt, ohne auf die Dispersion Rücksicht zu nehmen, welches Verfahren in der Berechnung nicht befolgt werden kann.

Vor Allem sind die Beobachtungen am *Kalkspath* wichtig. Die Bestimmungen von Mitscherlich und Pfaff zeigen nämlich an, daß das Rhomboëder in der Richtung der Hauptaxe sich ausdehnt, hingegen parallel den Seitenaxen sich contrahirt, also einen Ausnahmefall der *Contraction* bei der *Erwärmung* darstellt. Ebenso ausnahmsweise gestaltet sich auch der Brechungsexponent parallel der Dilatation *größer*; so daß beim Kalkspath der unerklärliche Fall stattfindet, daß trotz der Volumsdilatation eine Vergrößerung der mittleren Brechbarkeit eintritt. Würden die Beobachtungen Pfaff's und Mitscherlich's nicht in *einem* Sinne seyn, so könnte man an eine Verwechselung der Dimensionen glauben; allein so kann dieser Ausnahmefall nur entweder in einem Schlifffehler des Rudberg'schen Prismas, welches auch die Dispersion *N* gegen Arragonit zu groß angiebt, oder in einer eigenthümlichen molecularen Anordnung, worauf auch die *Contraction* hindeutet, seine Ursache finden.

Da nun aber keine weiteren Beobachtungen vorliegen, welche über die nöthigen Erklärungen und Gründe einigen Aufschluß zu geben vermöchten, so bin ich zu meinem Bedauern genöthigt, diese Beobachtungen übergehen zu müssen. Vielleicht daß spätere Untersuchungen diese Thatsache aufhellen werden, und ich selbst werde einige Bestimmungen hierüber anstellen; würden mich nicht alle meine Vorarbeiten überzeugt haben, daß diese nur eine vereinzelte Ausnahme ist, würde sie mich in der Entwicklung der Theorie gehindert haben.

Es bleiben daher von diesen drei Beobachtungen Rudberg's nur die am Bergkrystall und Arragonit übrig. Die am Arragonit sind verhältnißmäßig die sichersten, da bei

1) Rudberg, Pogg. Ann. XXVI. 291.

ihnen auch die Winkelveränderungen gemessen wurden; auch sind hier die Dichtigkeitsbestimmungen genauer, da Mitscherlich die krystallographischen, Pfaff die axialen, Kopp die volumetrischen bestimmte, und schliesslich Graulich und Lang die optischen und krystallographischen Aenderungen in einen Connex zu bringen versuchten; für Quarz hingegen liegen blofs Beobachtungen von Pfaff über die Ausdehnung vor.

I. *Bergkrystall*. Pfaff giebt als lineare Ausdehnung zwischen 0° bis 100° C. in der Richtung der Hauptaxe $c = 0,0008073$; in der der Nebenaxe $a = 0,0015147$; für die kubische 0,003840 an. Rudberg's Messungen ohne Rücksichtnahme auf die Dispersion sind bei:

$$16^\circ \text{ C. } \omega_r = 1,54965 \quad \varepsilon_r = 1,55894$$

$$80^\circ \text{ C. } \omega_r = 1,54944 \quad \varepsilon_r = 1,55868.$$

Aus diesen Daten sind zuerst die Aenderungen der Dichte, dann aus N_{16} zu berechnen B_{80} , woraus A_{80} und M_{80} folgt. Unter Voraussetzung von $D = 2,65$ ergibt sich:

	16°	80°		16°	80°
A	1,53227	1,54099	NR_{10}	0,02077	
B	0,00863	0,00891	$D_{\omega r}$	2,639	2,677
NR_{10}	0,02077		B	0,00861	0,00890
$D_{\omega r}$	2,642	2,678	A	1,53209	1,54075
M	0,0006613	0,0006636	M	0,0006616	0,0006637

II. *Arragonit*. Aus Mitscherlich's ¹⁾ Beobachtung der krystallographischen Constanten ergab sich bei:

	$17,5^\circ \text{ C.}$	$142,5^\circ \text{ C.}$
$(101)(\bar{1}01) = 116^\circ$	$11' 46\frac{1}{2}''$	$116^\circ \quad 15' 28\frac{1}{3}''$
$(110)(\bar{1}10) = 108$	26 0	108 20 30

also bei:

$$17^\circ \quad a_1 : b_1 : c_1 = 1 : 0,720781 : 0,622490$$

$$142^\circ \quad a_3 : b_3 : c_3 = 1 : 0,721997 : 0,621745$$

daher wie schon Lang ²⁾ angiebt:

1) Mitscherlich, Pogg. Ann. X. 137.

2) Lang, Wien. Sitzungsberichte XXXIII. 586.

$$\frac{b}{a} = 0,720610 (1 + 0,0000135 t)$$

$$\frac{c}{a} = 0,622627 (1 - 0,0000125 t)$$

woraus für 80° folgt:

$$a_2 : b_2 : c_2 = 1 : 0,721403 : 0,621992.$$

Pfaff hat die cubische Ausdehnung gefunden zwischen 0° oder 100° C. = 0,005802, die lineare nach obigem Axenverhältniss für:

$$a = 0,0015903$$

$$b = 0,0031358$$

$$c = 0,0010781.$$

Berechnet man aus diesen Angaben die relativen Aenderungen der Krystallaxen, so erhält man für 80°:

$$\begin{aligned} a' : b' : c' &= 1,000954 : 0,722098 : 0,622878 \\ &= 1 : 0,72141 : 0,62285. \end{aligned}$$

Schliesslich hat Lang die Winkelmessungen Rudberg's benutzt um die Axenänderungen zu rechnen. Mann kann daher folgende drei Angaben vergleichen:

Mitscherlich $\frac{b_2}{a_2} = \frac{b_1}{a_1} 1,000864$

$$\frac{c_2}{a_2} = \frac{c_1}{a_1} 0,999200$$

Rudberg $\frac{b_2}{a_2} = \frac{b_1}{a_1} 1,000432$

$$\frac{c_2}{a_2} = \frac{c_1}{a_1} 0,999701$$

Pfaff $\frac{b_2}{a_2} = \frac{b_1}{a_1} 1,000872$

$$\frac{c_2}{a_2} = \frac{c_1}{a_1} 0,999670.$$

Es zeigt sich hier eine so wechselnde Uebereinstimmung, dass das Erkennen eines Fehlers und hiermit jede Verbesserung ausgeschlossen ist, daher auch die Angaben Pfaff's beibehalten werden müssen.

Die Messungen Rudberg's liefern folgende Werthe des Brechungsexponenten μ , parallel den Krystallaxen:

16°	1,69058	1,53478	1,69510
80°	1,68976	1,53416	1,69421

Berechnet man hieraus Dispersion, axiale Dichte und hieraus B_{80} , A_{80} , M_{80} , so erhält man folgende Zusammenstellung:

I. 16°.

	α	β	γ
A	1,66586	1,66192	1,52011
B_{λ}^2	0,01475	0,01439	0,00738
BR	—	0,01161	—
D	—	2,94	—
$D_{\alpha\beta\gamma}$	3,3133	3,2726	2,3436
$NR 10^7$	—	0,02247	—
$M_{\alpha\beta\gamma}$	0,0006928	0,0006963	0,0007232

II. 80°.

$NR 10^7$		0,02247	
$D_{\alpha\beta\gamma}$	3,3101	3,2705	2,3398
B	0,01472	0,01437	0,00735
A	1,66498	1,66119	1,51954
M	0,0006923	0,006958	0,0007236

Man sieht aus diesen angegebenen Berechnungen, daß bei der Constanz von M_{α} , M_{β} , M_{γ} für das Temperaturintervall von 60° auch die Abhängigkeit sowohl von A als von B von der Körperdichte vorhanden seyn muß, und kann daher (ganz abgesehen von dem Ausnahmefall des Kalkspathes) als ziemlich sicher annehmen, daß die Relationen des §. 2 auch hier die richtigen seyen; ob sie noch einige Ergänzungsglieder bedürfen, werden die spätern Untersuchungen lehren.

Nach diesen allgemeinen Ableitungen werden wir jetzt versuchen, den indirecten Beweis der Richtigkeit der Formeln (VI), (VII) mittelst der am Eingang des Paragraphen erörterten Grundsätze zu liefern. Es sind hiezu die am genauesten bestimmten Brechungsexponenten nöthig, da bei jedem Stoff aus MR oder NR die Exponenten (gr. B , gr. μ_a) zurückzurechnen sind, um sowohl die Maximalfehler als auch den Sinn der Abweichung zu bestimmen, da letzterer die

Andeutungen zu geben vermag, welche Größe vielleicht noch von Einfluss sey.

I. Bergkrystall.

μ_B	1,54090	1,54990
A	1,53227	1,54099
D	2,65	
MR	0,0006622	
$D_{\omega, \epsilon}$	2,633	2,685
$\lambda_B^{-2} B$	0,00863	0,00891
gr. B	0,00861	0,00895
$\lambda_B^2 N 10^7$	0,02082	0,02067
gr. μ_B	1,54086	1,54994

II. Kalkspath.

μ_B	1,65308	1,48391
A	1,63797	1,47696
D	2,73	
MR	0,0007125	
$D_{\omega, \epsilon}$	3,054	2,144
$B\lambda_q^{-2}$	0,01511	0,00695
$N\lambda_q^2 10^7$	0,02708	0,02528
gr. $B\lambda_q^{-2}$	0,01476	0,00728
gr. μ_B	1,65273	1,48424

III. Topas.

	α	β	γ
μ_B	1,61791	1,61049	1,60840
A	1,60933	1,60201	1,59991
MR	0,0005775		
D	3,52		
$D_{\alpha\beta\gamma}$	3,560	3,508	3,493
$B\lambda_q^{-2}$	0,00858	0,00848	0,00849
$N\lambda_q^2 10^7$	0,0113	0,0115	0,0116
gr. $B\lambda_q^{-2}$	0,0871	0,00845	0,00838
gr. μ_B	0,61804	1,61046	1,60829

IV. Schwerspath.

	α	β	γ
μ_s	1,64415	1,63370	1,63258
A	1,63342	1,62337	1,62236
MR		0,0004835	
D		4,4	
$D_{\alpha\beta\gamma}$	4,462	4,374	4,365
$B\lambda_q^{-2}$	0,01073	0,01033	0,01022
$N\lambda_q^3 10^7$	0,00901	0,00903	0,00897
gr. $B\lambda_q^{-2}$	0,01072	0,01030	0,01026
gr. μ_s	1,64414	1,63367	1,63262

V. Arragonit.

μ_s	1,68061	1,67631	1,52749
A	1,66586	1,66192	1,52011
D		2,94	
MR		0,0007067	
$D_{\alpha\beta\gamma}$	3,248	3,224	2,398
$B\lambda_q^{-2}$	0,01475	0,01439	0,00738
$N\lambda_q^3 10^7$	0,02338	0,02315	0,02145
gr. $B\lambda_q^{-2}$	0,01417	0,01397	0,00773
gr. μ_s	1,68003	1,67589	1,52784

Aus diesen angeführten Beispielen zeigt sich, daß die Formeln (VI). (VII) nahezu genüge leisten. Man könnte hiefür an diesem Platze noch mehrere solche Berechnungen anführen und diese auf alle bisher beobachteten Exponenten ausdehnen; allein dies schien nicht nöthig zu seyn, da einerseits die fünf angeführten Substanzen die einzigen mit Hülfe der Fraunhofer'schen Linien bestimmten sind, anderseits man schon aus diesen (und wie mich die Berechnung vieler anderer lehrte, auch bei anderen Substanzen) erkennen kann, daß keine gesetzmäßige Abweichung vorhanden ist.

Nachdem ersichtlich, daß mit dem vorhandenen Material die gegebene Theorie weder genauer und direct zu beweisen, noch anderseits zu vervollkommen möglich ist, kann man den Nachweis der für die krystallisirten Körper gel-

tenden Hauptgrundsätze für geschlossen halten, obgleich diese Frage noch fortwährendes Detailstudium erfordern wird. So ist hauptsächlich die Frage über das Verhalten der monoklinischen Krystalle noch nicht erörtert; es liegen keine Dispersionsbeobachtungen vor, daher diese schwierige und wichtige Partie vernachlässigt werden mußte, welche besonders wegen der schiefwinklichen Elasticitätsaxen und ihrer Abhängigkeit von λ^2 vielleicht einiges Licht über manche Punkte der Theorie verbreitet hätte und deshalb dringend zu Beobachtungen auffordert.

§. 10. Aus den Formeln über die Constanz des Brechungs- und Dispersionsgesetzes, welche durch §. 9 die allgemeine Gültigkeit für jeden Stoff erlangt hat, ergeben sich für die krystallisirten Körper noch einige Consequenzen.

Vor Allem wird es künftig möglich seyn, wenn als Elemente der Beobachtung D, M, N gegeben sind, die Brechungsexponenten zu berechnen; für jetzt hingegen, wo diese noch fehlen, kann man mittelst (VI) und (VII) über die Richtigkeit der gemessenen Exponenten ein Urtheil fällen und durch gesonderte Correction von M und N (§. 9) der Wahrheit sich zu nähern trachten.

Eine andere nicht zu unterschätzende Consequenz ist: das Mittel die Dichtigkeitsverhältnisse nach den drei Dimensionen berechnen zu können. Wenn man dieses Moment, welches für die Physik der Krystalle gewiß von hoher Wichtigkeit ist, jetzt wohl erst aus den Brechungsexponenten bestimmen muß, so wird diess doch hinreichen, für Cohäsion, Elasticität, Magnetismus, Krystallogenie einige theoretische Vergleichspunkte zu gewinnen.

Verlassen wir jetzt die Betrachtung der Consequenzen und gehen wir auf die allgemeinen Theorien über, so finden wir mehrere Punkte, welche die in §. 2 aufgestellten Sätze beträchtlich erweitern.

Vor Allem ist diess der Beweis, daß nur die Dichte parallel den Schwingungen auf die Fortpflanzung von Einfluß ist, hingegen die normale Fortpflanzung ungehindert von den Dichtigkeitsvariationen gleichmäÙig vor sich geht. Diese

Sätze befinden sich nun in schönster Uebereinstimmung mit der Vibrationstheorie, welche letztere ebenfalls die nahezu unendliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen Wellen erfordert.

Ein anderer wichtiger Punkt ist der, daß durch Einbeziehung der Krystalle *allgemein* bewiesen ward, daß alle optischen Variationen von der Dichte abhängig sind und hiedurch sich auf die Functionen M und N zurückführen lassen, welche letztere, da alle anderen Einflüsse ausgeschlossen wurden, Functionen der chemischen Verbindungen sind. Mithin ist gezeigt, daß die optischen Eigenschaften, da sie Relationen gehorchen, welche nur dem Stoffe angehören, auch Functionen der Eigenschaften der Grundstoffe seyn müssen.

Diese Function zu bestimmen, muß eine der nächsten Aufgaben seyn, doch auch dieses Problem ist nicht direct möglich zu bewältigen, sondern man wird vorerst nur versuchen können, die Eigenschaften der zusammengesetzteren Verbindungen als Functionen von einfacheren darzustellen, um auf dem Wege der allmählichen Zerlegung in Factoren der Lösung obiger Frage näher zu kommen. Ein Mittel, zur Kenntniß einiger hiezu dienender Kriterien zu gelangen, ist die Betrachtung und Berechnung der bei Mischungen obwaltenden Verhältnisse.

IV. Theorie der Mischungen.

§. 11. Wenn wir in diesem Paragraphen die Berechnung der Verhältnisse versuchen, welche bei den Mischungen auftreten, so verfolgen wir hiemit eine doppelte Aufgabe; wir wollen nicht bloß die Aenderungen der molecularen Constanten beim Aufbau der Verbindungen kennen lernen, sondern auch den letzten Theil der im Titel der Abhandlung enthaltenen Aufgabe lösen, nämlich die Abhängigkeit der optischen Verhältnisse von der bei Mischungen eintretenden Contraction genauer untersuchen.

Denn bei Mengungen von Flüssigkeiten tritt der interessante Fall ein, daß das Volum des Gemenges nicht gleich

ist der Summe der Volumina der Bestandtheile, mithin eine Contraction stattfindet. Oefters tritt auch der Maximalpunkt der Brechungsexponenten bei mittleren Concentrationsgraden ein. Da dieß das Thema des Aufsatzes auf das innigste berührt, so ist ein Uebergehen desselben unmöglich. Bedeutend wichtiger ist noch der zweite Punkt, über die Zusammensetzung der Molecularconstanten auch nur einige Aufschlüsse zu erhalten, indem für die weitere Verfolgung der Theorie die bei Gemengen herrschenden Gesetze von der größten Wichtigkeit sind.

Es waren daher die Mischungen schon Gegenstand mehrerer großen Untersuchungen, welche wohl im §. 1 berührt wurden, doch deren leitende Ideen hier noch näher zu besprechen sind.

Die ersten Beobachtungen von Gemengen wurden von Biot und Arago an Gasen gemacht und führten zu der Formel

$$\frac{N^2 - 1}{D} P = \frac{n^2 - 1}{d} p + \frac{v^2 - 1}{\delta} \pi,$$

welche aber Dulong und Petit auf die Fälle ohne Contraction beschränkten. So wurde denn das Gesetz fallen gelassen, und die hierauf folgende größere Arbeit, nämlich von Deville berücksichtigte dasselbe nicht. Deville beobachtete je zehn Gewichtsconcentrationen von Alkohol und Holzgeist, ohne für Contraction und Retardation einige Schlüsse zu ziehen; er bemerkt bloß, daß beide Stoffe Maxima der Brechungsexponenten besitzen, während hingegen die berechneten Brechungsvermögen keine derlei besitzen; ferner berechnet er M für Alkohol ohne Schlüsse daran zu knüpfen, oder sich nur an das frühere Gesetz zu erinnern; am Schluss seiner Abhandlung schreibt er: »ich kann indeß die Bemerkung nicht unterlassen, daß jene singulären Punkte in dem Gesetz der Brechungsverhältnisse merkwürdigen Eigenschaften oder Zusammensetzungen der Lösungen entsprechen.«

Grailich war derjenige, welcher einen Zusammenhang zwischen den singulären Punkten in der Contraction und Brechungsexponenten suchte.

Unter Contraction verstand man nach Rudberg die Procente, um welche sich das Volumen verkleinert, und Rudberg machte sie abhängig von dem Procentualgehalt der Mischung an Wasser, unter der Form

$$K = A + Bp + Cp^2 + Dp^3.$$

Diese Idee der Contraction ward durch Grailich geändert, indem beide Volume der Mischung berücksichtigt wurden

$$k = v_1 v_2 (a v_1 + \beta v_2 + \gamma v_1^2 \dots),$$

wo nun der eingeklammerte Ausdruck $= \delta$ der Contractionscoefficient genannt wurde. Daher dann

$$D = \frac{v_1 d_1 + v_2 d_2}{V} = \frac{v_1 d_1 + v_2 d_2}{v_1 + v_2 + \delta v_1 v_2}.$$

In ähnlicher Weise wie das Volum ward die Zeit, in welcher das Licht die Mischung bei gleichem Querschnitt durch-eilt, entwickelt, woraus für die Geschwindigkeit folgt.

$$C = \frac{V}{T} = \frac{v_1 + v_2 + \delta v_1 v_2}{t_1 + t_2 + \tau t_1 t_2},$$

woraus man nach Einführung der Brechungsexponenten statt der Geschwindigkeit, unter Berücksichtigung, dafs $\frac{\tau}{c} = \Theta$

$$N = \frac{n_1 v_1 + n_2 v_2 + \Theta n_1 n_2 v_1 v_2}{v_1 + v_2 + \delta v_1 v_2}$$

erhält. Zwischen δ und Θ wurde nun die stattfindende Relation gesucht, doch in den Fortsetzungen der Arbeit die eigentlichen Grundgedanken 1) die Unabhängigkeit Θ von der Farbe, 2) ein bestimmtes Verhältniß zwischen δ und Θ , 3) die Form der Coefficienten zurückgenommen; und von A. Weifs und E. Weifs die Form der Coefficienten gewechselt, so dafs nun wurde

$$V = \lambda (v_1 + v_2)$$

$$VN = \mu (v_1 n_1 + v_2 n_2).$$

Während hier von der Biot-Arago'schen Formel abgegangen ward, wurde sie dennoch ohne über die Richtigkeit derselben ein Urtheil zu fällen, bei einigen Berechnungen von Mischungen angewendet; so namentlich von Ber-

thelot für die Alkohole und von Forthomme, um aus den Procenten der Salzlösung die Exponenten der Salze zu berechnen; auf Dispersion ward von keinem der beiden Rücksicht genommen. In neuester Zeit erschien auch eine Untersuchung von Hoek, welche die Berechnung der Brechungsexponenten in Mischungen zum Gegenstande hat. Seine Ansicht ist die Summirung des in einem Volum vorhandenen Aethers unter der Hypothese: *die Dichtigkeit des Aethers im Stoffe ist $n^2 - 1$, wenn die im Raume 1 ist.* Indem sich Hoek auf den Biot-Arago'schen Standpunkt stellt, nimmt er im Gegensatze zu meiner Theorie keine Rücksicht auf die Dispersion. Ich will hiedurch Hoek nicht angreifen, allein ich muß zur Wahrung meiner Ansichten sagen, daß eben, wenn auch unsere Formeln ähnlich gebaut sind, zwischen ihnen dennoch *mehr* als genetische Unterschiede stattfinden.

§. 12. Betrachten wir die bei Mischungen eintretenden Verhältnisse, so scheinen diese schon den zu betretenden Weg der Untersuchung anzudeuten. In den früheren Paragraphen ward gezeigt, daß jeder Stoff bei beliebiger Molecularanordnung ein constantes Refractionsvermögen besitzt. Da nun bei Mischungen keine chemische Verbindungen und Aenderungen stattfinden, so müssen auch für jeden der gemischten Stoffe nahezu seine individuellen Eigenschaften erhalten bleiben. Da schon früher nachgewiesen ward, daß *M* eigentlich die Verzögerung durch die Moleculë bedeutet und daher mit ihrer Anzahl variabel seyn muß, so ist es in Beziehung auf die optischen Eigenschaften vollkommen gerechtfertigt, die Mischungen als Massenmengungen zu betrachten. Wenn daher nun gleiche Massen mit ihren specifischen Eigenthümlichkeiten gemischt werden, so ist kein Grund vorhanden, welcher eine Präponderanz der Eigenschaften eines Stoffes bewirken könnte; sie müssen sich daher das Gleichgewicht halten und neutralisiren. Da also die Mischungen procentual den Massen vor sich gehen, so haben für sie analog dem Biot-Arago'schen Gesetze zwei auf Refraction und Dispersion bezügliche Formeln zu gelten

$$(VIII) \quad MP = m_1 p_1 + m_2 p_2$$

$$(IX) \quad NP = n_1 p_1 + n_2 p_2$$

Nach diesen Bemerkungen gehen wir zur Beweisführung für die Richtigkeit der Sätze (VIII) und (IX) über, und haben zugleich zu ermitteln, daß weder M noch N vom Volumen abhängig ist und in keinem Zusammenhange mit dem Contractionscoefficienten steht. Hierzu ist noch eine Zusammenstellung der angewendeten Formeln nöthig.

Die Dichten der Mischungen berechnen sich nach der Formel

$$Dr = \frac{d_1 v_1 + d_2 v_2}{v_1 + v_2}$$

daher die beobachteten Dichten

$$D = \lambda \cdot Dr$$

sind, wobei ich λ den Contractionscoefficienten nenne, ebenso ist das berechnete (Mr) Refraktionsvermögen

$$Mr = \frac{m_1 p_1 + m_2 p_2}{p_1 + p_2},$$

woraus für das beobachtete

$$M = \mu \cdot Mr$$

folgt; mit Anwendung desselben Grundsatzes ist

$$N = \nu \cdot Nr.$$

Für μ und ν eigene Namen aufzustellen, ist nicht nöthig; für jene Fälle, wo des Vergleiches halber das Volum berücksichtigt ward, ist in obigen Formeln V statt P , und bei Vergleich der resultirenden μ , ν statt μ , ν zu setzen.

Zu bemerken ist ferner, daß ich zur bequemeren Vergleichung die Coefficienten λ , μ , ν , immer > 1 angebe, um sie zur Verwandlung der kleineren Zahl in die größere zu benutzen, und daß in Folge dessen die Vorzeichen derselben für

Rechn. $>$ Beob. —

Rechn. $<$ Beob. +

sind.

Gehen wir nun zu den der Berechnungen vorliegenden Mischungen über, so sind die Beobachtungen von

Deville an Alkohol und Holzgeist, von Handl und A. Weiss an Schwefelsäure und Salpetersäure, von A. Weiss und E. Weiss an Salzsäure und Salmiaklösung. Die Deville'schen Beobachtungen beziehen sich auf Gelb und es lassen sich daher an ihnen die Dispersionsverhältnisse nicht berücksichtigen, was hingegen bei den übrigen vier Stoffen möglich ist; denn obgleich letztere mit Benutzung der Brewster'schen Linien gemessen wurden, so läßt sich doch aus den Beobachtungen an Wasser ein Schluss auf die Wellenlängen ziehen. So ist nun für diese vier Stoffe

$$A = 4n_g - 3n_r$$

hingegen

$$\frac{B}{\lambda^3 \gamma \lambda} = n_g - A,$$

woraus sich nun

$$\frac{B}{\lambda^3 \gamma \lambda},$$

welches ich hier wie bei den früheren Messungen benutzte, ableiten läßt; welche Umstellung auch immer so durchgeführt ward, daß der analoge Coefficient für Wasser den wirklichen Werth $N = 0,1220$ ergab; einen Werth, welcher wegen der etwas verschiedenen Lage von λ_g und $\lambda_{\gamma\lambda}$ nicht immer ohne Correctionen zu erreichen ist, während hingegen M gut und mit den genauesten Beobachtungen übereinstimmend ist.

In nachfolgenden Tabellen sind die Resultate der Rechnung zusammengestellt, wobei ich nur noch bemerke, daß in den ersten Spalten sowohl die Gewichts- als Volumsprocente des mit Wasser gemischten Stoffes angegeben sind.

Tabelle I. Alkohol.

	P	V	n	D	Dr	λ	M	Mr	μ
10	1.0	1.0	1.3633	0.796	—	—	0.0013949	—	—
9	0.9	0.9	1.3653	0.829	0.8164	1.0155	13478	0.0013563	-1.0063
8	0.8	0.83	1.3662	0.856	0.8317	1.0292	13090	13176	-1.0065
7	0.7	0.75	1.3651	0.880	0.8470	1.0390	12690	12789	-1.0078
6	0.6	0.65	1.3633	0.902	0.8674	1.0398	12310	12402	-1.0075
5	0.5	0.55	1.3621	0.9275	0.8878	1.0447	11925	12015	-1.0075
4	0.4	0.45	—	—	0.9082	—	—	11628	—
3	0.3	0.35	1.3544	0.960	0.9286	1.0338	11240	11241	-1.0001
2	0.2	0.25	1.3471	0.972	0.9490	1.0242	10864	10854	-1.0079
1	0.1	0.15	1.3407	0.984	0.9694	1.0151	10480	10467	-1.0013
0	0.0	0.0	1.3339	1.000	—	—	0.0010077	—	—

Tabelle II. Holzgeist.

	P	V	n	D	Dr	λ	M	Mr	μ
10	1.0	1.0	1.3358	0.8070	—	—	0.0012569	—	—
9	0.9	0.9	1.3405	0.8371	0.8263	1.0131	12311	0.0012321	-1.0008
8	0.8	0.83	1.3429	0.8619	0.8412	1.0246	12054	12072	-1.0013
7	0.7	0.75	1.3452	0.8873	0.8562	1.0363	11799	11823	-1.0020
6	0.6	0.65	1.3462	0.9072	0.8745	1.0374	11578	11574	-1.0004
5	0.5	0.55	1.3462	0.9232	0.8938	1.0329	11378	11325	-1.0047
4	0.4	0.45	1.3462	0.9429	0.9131	1.0326	11103	11076	-1.0025
3	0.3	0.35	1.3452	0.9576	0.9324	1.0270	10846	10827	-1.0017
2	0.2	0.25	1.3394	0.9709	0.9517	1.0202	10647	10578	-1.0066
1	0.1	0.15	1.3380	0.9751 (?)	0.9711	1.0041	10480	10330	-1.0145
0	0.0	0.0	1.3339	1.0000	—	—	0.0010077	—	—

Tabelle III. Schwefelsäure.

	P	V	n_s	A	$B\lambda_Q^{-2}$	$N\lambda_Q^{-3} 10^7$	Nr	ν	D	D _r	λ	M	M _r	μ
10	1,0	1,0	1,4307	1,4203	0,00709	0,03462	—	—	1,851	—	—	0,0007107	—	—
9	0,9434	0,9	1,4367	1,4246	826	4166	0,03958	+1,0527	1,821	1,7659	1,0312	7308	0,0007255	1,0072
8	0,8810	0,8	1,4364	1,4243	826	4430	4503	—1,0154	1,765	1,6808	1,0501	7537	7416	1,0163
7	0,8120	0,7	1,4297	1,4189	737	4330	5118	—1,1806	1,687	1,5957	1,0572	7768	7603	1,0217
6	0,7352	0,6	1,4216	1,4096	819	6594	5777	+1,1415	1,617	1,5106	1,0705	7893	7799	1,0120
5	0,6493	0,5	1,4105	1,3974	894	6426	6527	—1,0157	1,525	1,4255	1,0689	8079	8024	1,0069
4	0,5524	0,4	1,3984	1,3867	799	6549	7379	—1,1269	1,428	1,3404	1,0698	8358	8277	1,0098
3	0,4424	0,3	1,3838	1,3709	881	8437	8334	—1,0135	1,321	1,2553	1,0523	8609	8564	1,0082
2	0,3164	0,2	1,3701	1,3587	778	8771	9436	—1,0759	1,218	1,1702	1,0408	8983	8894	1,0101
1	0,1706	0,1	1,3524	1,3428	656	8925	10710	—1,2000	1,108	1,0851	1,0211	9374	9374	1,0108
0	0,0	0,0				0,12200	—	—	1,000	—	—	0,0009720	—	—

Tabelle IV. Salpetersäure.

	P	V	n_s	A	$B\lambda_Q^{-2}$	$N\lambda_Q^{-3} 10^7$	Nr	ν	D	D _r	λ	M	M _r	μ
10	1,000	1,0	1,40887	1,38952	0,01047	0,0695	—	—	1,399	—	—	0,0008604	—	—
9	0,9273	0,9	1,4032	1,3890	0,00970	0,0879	0,0918	—1,0446	1,374	1,3591	1,0110	8747	0,0008685	+1,0071
8	0,8484	0,8	1,3990	1,3827	0,01113	0,0984	0,0944	+1,0422	1,344	1,3192	1,0188	8774	8773	1,0001
7	0,7655	0,7	1,3953	1,3799	0,01051	0,1018	0,0971	+1,0487	1,314	1,2793	1,0271	8998	8866	1,0037
6	0,6773	0,6	1,3907	1,3768	0,00927	0,0978	0,1000	—1,0227	1,274	1,2394	1,0279	9091	8984	1,0141
5	0,5832	0,5	1,3844	1,3712	0,00901	0,0983	0,1031	—1,0489	1,238	1,1995	1,0321	9194	9069	1,0138
4	0,4826	0,4	1,3759	1,36294	0,00851	0,0998	0,1063	—1,0652	1,194	1,1596	1,0266	9289	9181	1,0117
3	0,3748	0,3	1,36523	1,35351	0,00800	0,1018	0,1098	—1,0785	1,146	1,1197	1,0235	9388	9302	1,0093
2	0,2591	0,2	1,35442	1,34351	0,00744	0,1036	0,1136	—1,0965	1,096	1,0798	1,0150	9499	9431	1,0072
1	0,1316	0,1	1,3449	1,33523	0,00660	0,1003	0,1176	—1,1719	1,046	1,0399	1,0090	9651	9570	1,0085
0	0,0000	0,0				0,1220	—	—	1,000	—	—	0,0009720	—	—

Tabelle V. Salzsäure.

	P	V	n_x	A	$B\lambda_0^{-1}$	$N\lambda_0^{-10'}$	D	Dr	λ	M	Mr	μ
10	1,000	1,0	1,4162	1,4017	0,01048	0,1253	1,1825	—	—	0,0010550	—	—
9	0,9141	0,9	1,4086	1,3948	0,00997	0,1228	1,1653	1,1642	1,0009	10492	0,0010479	+1,0013
8	0,8255	0,8	1,4009	1,3874	0,00975	0,1208	1,1480	1,1460	1,0017	10400	10406	+1,0006
7	0,7340	0,7	1,3939	1,3809	0,00940	0,1237	1,1314	1,1278	1,0032	10365	10330	+1,0035
6	0,6395	0,6	1,3857	1,3731	0,00911	0,1228	1,1135	1,1095	1,0036	10283	10251	+1,0031
5	0,5419	0,5	1,3774	1,3651	0,00889	0,1239	1,0954	1,0913	1,0038	10194	10170	+1,0024
4	0,4408	0,4	1,3695	1,3575	0,00867	0,1249	1,0774	1,0730	1,0041	10063	10066	+1,0023
3	0,3364	0,3	1,3610	1,3489	0,00875	0,1303	1,0595	1,0518	1,0074	99998	99999	+1,0002
2	0,2282	0,2	1,3519	1,3406	0,00816	0,1260	1,0406	1,0335	1,0069	99907	99909	+1,0002
1	0,1161	0,1	1,3430	1,3319	0,00802	0,1287	1,0210	1,0153	1,0057	99803	99816	+1,0014
0	0,0000	0,0	—	—	—	0,1220	1,000	—	—	0,0009720	—	—

Tabelle VI. Salmiaklösung.

	P	V	n_x	A	$B\lambda_0^{-1}$	$N\lambda_0^{-10'}$	D	Dr	λ	M	Mr	μ
10	1,0	1,0	1,3827	1,3710	0,00845	0,1232	1,0710	—	—	0,0010621	—	—
9	0,9	0,9	1,3782	1,3675	773	0,1134	1,0676	1,0639	1,0034	10339	10332	+1,0012
8	0,8	0,8	1,3748	1,3636	810	0,1196	1,0641	1,0568	1,0069	10445	10432	+1,0012
7	0,7	0,7	1,3673	1,3560	816	0,1228	1,0540	1,0497	1,0041	10291	10338	+1,0046
6	0,6	0,6	1,3634	1,3517	846	0,1290	1,0470	1,0426	1,0042	10216	10244	+1,0027
5	0,5	0,5	1,3586	1,3481	759	0,1170	1,0414	1,0355	1,0037	10150	10150	+1,0000
4	0,4	0,4	1,3543	1,3442	730	0,1141	1,0340	1,0284	1,0034	10091	10056	+1,0035
2	0,3	0,3	1,3492	1,3386	831	0,1318	1,0271	1,0213	1,0037	99970	99962	+1,0008
2	0,2	0,2	1,3442	1,3338	744	0,1197	1,0200	1,0142	1,0057	99877	99868	+1,0009
1	0,1	0,1	1,3399	1,3308	723	0,1185	1,0093	1,0071	1,0027	99874	99774	+1,0098
0	0,0	0,0	—	—	—	0,1220	1,0000	—	—	0,0009680	—	—

Aus diesen Tabellen erhellt zur Genüge, daß die Gesetze (VIII) und (IX) mit der Beobachtung übereinstimmen; die Abweichungen lassen sich durch die möglichen Fehler vollkommen erklären. Bedenkt man nämlich, daß bei den sechs letzten Stoffen der Fehler in $D = 0,001$, im Volum aber $\frac{1}{300}$ als möglich angegeben wird, so sind die durch Umrechnung in P entsprechenden Fehler noch bedeutender und erklären die Abweichungen von M und N hinreichend; für die Dispersion tritt noch der störende Umstand hinzu, daß sie aus einem Spectrum von sehr geringer Ausdehnung abgeleitet werden mußte. Würde man sich Tafeln für die möglichen Fehler construiren, so könnte man sich von der Richtigkeit des Gesagten sehr leicht überzeugen.

Ferner muß ich noch erwähnen, daß bei Salzsäure und Salmiak N_r nicht berechnet ward, da das Dispersionsvermögen dieser Stoffe mit dem des Wassers identisch ist; es sollten daher die N aller 10 Concentrationen gleich seyn; die Abweichungen, welche nun die Beobachtungen hievon zeigen, lehren, welche Fehler in der berechneten Dispersion B wegen der Kürze des Spectrums, trotz der genauen Messungen, liegen können.

Diese Bemerkungen können einstweilen zur Beurtheilung der Genauigkeit vorstehender Tafeln dienen.

Geht man zur Ermittlung der Verhältnisse über, welche eintreten, wenn in den Formeln (VIII) und (IX) V substituiert wird für P , d. i. ob M und N der Mischungen von den Volumsprocenten der gemischten Stoffe abhängig ist, so sind Alkohol und Schwefelsäure wegen des großen Unterschiedes zwischen Volumen und Gewicht tauglich, die zur Lösung dieser Frage nöthigen Tafeln zu liefern.

Es sind daher in nachstehenden drei Tabellen die beobachteten M und N , mit dem aus dem Volum berechneten M_{or} , N_{or} , μv , νv , und mit dem aus dem Gewichte folgenden M_{pr} , N_{pr} , μp , νp zusammengestellt.

Tabelle VII. Alkohol.

	M	Mer	Mpr	μv	μp
10	0,0013949	—	—	—	—
9	13478	0,0013563	0,0013563	—1,0065	—1,0063
8	13090	13272	13176	—1,0139	—1,0065
7	12690	12982	12789	—1,0231	—1,0078
6	12310	12595	12402	—1,0230	—1,0075
5	11925	12208	12015	—1,0237	—1,0075
3	11240	11430	11241	—1,0169	—1,0001
2	10864	11047	10854	—1,0192	+1,0079
1	10480	10660	10467	—1,0172	+1,0013

Tabelle VIII. Schwefelsäure.

	M	Mer	Mpr	μv	μp
10	0,0007107	—	—	—	—
9	7308	0,0007360	0,0007255	—1,0072	+1,0072
8	7537	7628	7416	—1,0110	+1,0163
7	7768	7881	7603	—1,0145	+1,0217
6	7893	8143	7799	—1,0313	+1,0120
5	8079	8402	8024	—1,0398	+1,0069
4	8358	8661	8277	—1,0362	+1,0098
3	8609	8923	8564	—1,0362	+1,0052
2	8983	9180	8894	—1,0219	+1,0101
1	9374	9440	9274	—1,0071	+1,0108

Tabelle IX. Schwefelsäure.

	N	Ner	Npr	Vv	νp
10	0,03462	—	—	—	—
9	4166	0,04336	0,03958	—1,0407	+1,0527
8	4430	5210	4503	—1,1748	—1,0154
7	4330	6083	5118	—1,1159	—1,1806
6	6594	6957	5777	—1,0550	+1,1415
5	6426	7731	6527	—1,2030	—1,0157
4	6549	8704	7379	—1,3292	—1,1267
3	8437	9586	8334	—1,1362	—1,0135
2	8771	10452	9436	—1,1918	—1,0759
1	8925	11326	10710	—1,2684	—1,2000

Nimmt man ferner aus diesen numerischen Werthen der Coëfficienten μ und ν ohne Rücksicht auf die Vorzeichen das Mittel, so folgt für

Alkohol $\mu = 1,0179$ $\mu.p = 1,0056$

Schwefelsäure $\mu = 1,0228$ $\mu.p = 1,0111$

Schwefelsäure $\nu = 1,1683$ $\nu.p = 1,0915$.

Nach diesen Berechnungen kann man zur Betrachtung der aus diesen Zahlenreihen sich ergebenden Sätze übergehen. Es sind dies folgende:

1. Die numerischen Werthe der Coëfficienten μ und ν sind bei Annahme einer Abhängigkeit der Mischung von den Gewichtsprocenten kleiner als für die von den Volumsprocenten.

2. Die Coëfficienten μ und ν wechseln das Zeichen, daher ein bestimmter Einfluss auf die Abweichung der Rechnung von der Beobachtung nicht stattfinden kann.

3. Es zeigt sich keine Uebereinstimmung im Gange der Werthe von λ , μ , ν , sondern während λ gesetzmässig verläuft, ändern sich μ und ν sprungsweise.

4. Die Beobachtungsfehler sind von so bedeutendem Einfluss, dass sie die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung zu erklären vermögen.

§. 13. Aus diesen obigen Sätzen lassen sich folgende für die Theorie der Mischungen wichtige Grundsätze entnehmen.

A) Die optischen Eigenschaften unter der Form des Refractions- und Dispersionsvermögens sind den Gewichtsprocenten der gemischten Bestandtheile proportional und entsprechen daher den Formeln

$$(X) \quad M = \frac{m_1 p_1 + m_2 p_2 + m_3 p_3 \dots}{p_1 + p_2 + p_3 \dots}$$

$$(XI) \quad N = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + n_3 p_3 \dots}{p_1 + p_2 + p_3 \dots}$$

B) Auf die mögliche Abweichung der Rechnung von der Beobachtung hat die bei den Mischungen eintretende Contraction keinen Einfluss.

Sollten von diesen Sätzen noch einige Abweichungen vorkommen, so werden sie bald ermittelt werden. Hiezu werden sich besonders Schwefelsäure, Salpetersäure, Alkohol, Holzgeist und Kreosot tauglich zeigen, welche ein bedeutend von Wasser verschiedenes Brechungs- und Dispersionsvermögen besitzen. Diese Untersuchungen von genannten Stoffen werden, wenn sie mit absoluter Genauig-

keit durchgeführt würden, für die Verification sowohl als auch für die Erweiterung der obigen Gesetze von großer Wichtigkeit seyn.

Nachdem wir aber in dem jetzigen die Gesetze für M und N als richtig erkannt haben, kann es erlaubt seyn die Hoek'sche Ansicht mit einigen Worten zu erwähnen. Verläßt man nämlich seine Hypothesen über den Aether, als für die Rechnung *unwesentlich*, so reducirt sich seine Rechnungsformel auf das Biot-Arago'sche Gesetz

$$\frac{N^2 - 1}{D} P = \frac{n^2 - 1}{d} p + \frac{n_1^2 - 1}{d_1} p_1 \quad (x)$$

wo N , n , n_1 , die Brechungsexponenten bedeuten. Will man diese Formel mit den aus *meinen* Untersuchungen folgenden vergleichen, so erhält man für *letstere* vor allem den Werth

$$\frac{(A^2 - 1)D + B}{D^2} P = \frac{(a^2 - 1)d + b}{d^2} p + \frac{(a_1^2 - 1)d_1 + b_1}{d_1^2} p_1 \quad (y).$$

Hieraus wird man schon den großen Unterschied, welcher zwischen den beiden Theorien herrscht, zu erkennen vermögen, indem die Formel (y) zeigt, daß die Brechungsexponenten der Mischungen nicht so unabhängig von der Dichte sind, wie sie das Biot-Arago'sche Gesetz hinstellt. Letzteres kann, wegen der Vernachlässigung der Dispersion, welche doch nach den Untersuchungen des §. 2 von größter Wichtigkeit ist, nur genäherte Resultate liefern.

Soweit hat uns die Betrachtung der bei den Mischungen obwaltenden Verhältnisse geführt; es erübrigt jetzt noch die Anwendung auf *krystallisirte Mischungen*. Ohne letztere gleich Frankenheim nur als eine allmähliche Aufeinanderlagerung der Stoffe anzusehen, ist es jedoch ohne Zweifel, daß wir keine eigentlichen chemischen Verbindungen vor uns haben, sondern daß die Individualität jeder der Gemengtheile in seiner Wesenheit erhalten bleibt. An solchen krystallisirten Mischungen hat Sénarmont die Entdeckung gemacht von der Möglichkeit, durch Mischung heterogener Stoffe eine Neutralisirung ihrer Eigen-

schaften (aus zweiaxigen einaxige) zu bewirken. Unglücklicherweise liegen *keine* Analysen solcher Mischungen vor.

Doch gleich wie die Theorie der isophanen Körper nach dem §. 10 sich nur als specieller Fall der Krystalle zeigte, müssen auch hier die allgemeinen Sätze der Mischungen anwendbar und gültig seyn. Es muß daher für diese krystallirten Mischungen das Gesetz angewendet werden, daß sich die *Brechungsvermögen proportional den Procentgehalten ändern*; wohl wird hier wegen der Orientirung der Schwingungen die Vorsicht beachtet werden müssen, immer nur gleiche Richtungen in Betracht zu ziehen, allein das Gesetz (VIII), (IX) ist hier das *einzig gültige*. Hieraus folgt, daß sich die *Brechungsexponenten* nicht direct ändern, und deshalb ist der von Ditscheiner¹⁾ an der Spitze seiner Theorie aufgestellte Satz: »Die Geschwindigkeit des Lichts in einem Gemische isomorpher Substanzen ist den Geschwindigkeiten des Lichts der einzelnen Theile, sowie ihrem Antheile am Gemische proportional« falsch, und ein weiteres Eingehen auf seine hieraus abgeleiteten Ideen überflüssig.

Mit diesen Betrachtungen kann nun die Theorie der Mischungen für geschlossen erachtet und folgerichtig zu jener der chemischen Verbindungen übergegangen werden. Doch diese werden Gegenstand für weitere Untersuchungen seyn, da nicht bloß weitläufige Rechnungen, sondern auch viele fehlende Bestimmungen nachzutragen sind. Welche Grundsätze bei diesen nöthig seyn werden, ist hier nicht der Ort zu erwähnen, und ich muß mich begnügen, das Problem der Mischungen etwas zugänglicher gemacht und angedeutet zu haben, auf welchem Wege die Versuche zur Verifikation von Gesetzen dienen können. Die gefundenen Gesetze werden den Grundstein für den Aufbau der für Verbindungen geltenden Theoreme bilden.

§. 14. Mit dem Schluß der Betrachtung über die Mischungen ist zugleich der Vorwurf der vorliegenden Ab-

1) Sitzungsber. d. Wiener Academie XLIII, 230.

handlung erschöpft. Geleitet von dem Gedanken eines Connexes zwischen den verschiedenen Eigenschaften der Körperwelt, suchten wir einige Formeln zu gewinnen, welche selbst in ihrer weiteren Entwicklung einige Anhaltspunkte für ihre Bedeutung darbieten, und es wurde uns möglich zu constatiren, daß die Fortpflanzung des Lichts eine Function der Körperdichte ist und mit ihr variirt. Hiemit sind wir den Beobachtungen näher getreten und erlangten durch sie das nöthige Material, diese Sätze, ohne weitere Hypothesen zur Hülfe zu ziehen, sowohl für isophane wie für krystallisirte Körper zu verificiren.

Ohne jedoch hieran specielle Theorien über die molecularen Vorgänge bei der Fortpflanzung zu knüpfen, legten wir das größte Gewicht auf die Thatsache, daß die Körper, welche einerlei chemische Zusammensetzung, auch nur eine Einwirkung auf das Licht haben, und daß daher selbst die Erscheinung der Doppelbrechung durch einen Wechsel der Dichte hervorgebracht ist. So vorgedrungen bis zur primären Einwirkung, welche aller äußeren Einflüsse entledigt ist, haben wir die optischen Eigenschaften in einer ihrer Formen auf die Abhängigkeit von der chemischen Formel zurückgeführt. Diese Abhängigkeit weiter bis zu den Grundstoffen zu verfolgen, wird der Gegenstand der nächsten Untersuchungen seyn.

Jetzt will ich noch die Grundsätze vereint darstellen, welche durch diese Abhandlung bewiesen wurden:

I. Der Brechungsexponent ist bei allen Untersuchungen nach Cauchy's Vorgange in den Refractions- und Dispersionscoefficienten zu zerlegen und unter der Form

$$\mu = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

zu betrachten.

II. Die Aenderungen des Refractions- und Dispersionscoefficienten sind abhängig von den Aenderungen der Körperdichte nach der Formel.

$$A dA = M dD$$

$$dB = N dD.$$

III. Die Aetherdichte kann der Körperdichte proportional gesetzt werden.

IV. Die Integration der Gleichungen (II) innerhalb der Gränzen 0 und ∞ für die Dichte liefert

$$\frac{A^2 - 1}{D} = M, \quad \frac{B}{D^2} = N,$$

wo M das Refractions- und N das Dispersionsvermögen zu nennen ist.

V. M und N sind für jede chemische Verbindung constante Gröfsen, blofs abhängig von den Eigenschaften der Stoffe, aus welchen die Verbindung zusammengesetzt ist, und daher charakterisirende Merkmale der Materie.

VI. Jede chemische Verbindung besitzt in den verschiedenen Aggregatzuständen ein gleiches oder ein durch einfache Multipla darstellbares Refractionsvermögen.

VII. Die für das Refractionsvermögen geltenden Multiplicatoren aus der Reihe der natürlichen Zahlen sind durch die für das Vorkommen der Brechungsexponenten ermittelten Gränzen unzweifelhaft bestimmt.

VIII. Die Constanz von M und N ist auch für krytallisirte Körper gültig und die Doppelbrechung daher nur eine Folge der Variation der Dichte nach drei Axen.

IX. Die Fortpflanzung des Lichtes läfst sich abhängig hiedurch darstellen von der Dichte oder Cohäsion der Molecüle in der Richtung der Transversalvibrationen, während die Longitudinalvibration ungehindert von der Dichte analog mit den Forderungen der Vibrationstheorie vor sich gehen.

X. Da sich die Dichten wie die Massen, diese wie die Distanzen r der Molecüle verhalten, so ist der Dispersionscoëfficient dem allgemeinen Gesetze der Anziehung im verkehrt quadratischen Verhältnisse unterworfen

$$\frac{B}{r^2} = N.$$

XI. Die Formeln (IV) geben die Möglichkeit für krytallisirte Körper die Dichte nach den drei Dimensionen

zu berechnen und die Messungen von Brechungsexponenten zu controliren.

XII. Die optischen Eigenschaften von Mischungen ändern sich proportional den Eigenschaften der Bestandtheile und den Procenten der Massen, mit welchen letztere in die Mischung eingetreten sind, unter der Form

$$MP = m_1 p_1 + m_2 p_2 + \dots$$

$$NP = n_1 p_1 + n_2 p_2 + \dots$$

XIII. Die bei Mischungen eintretende Contraction hat keinen Einfluss auf das Refractions- und Dispersionsvermögen.

Dies sind die Resultate der vorliegenden Arbeit; mögen spätere Untersuchungen auch manche Aenderungen meiner Sätze hervorbringen: die Grundzüge hoffe ich, werden als richtig erkannt werden.

Wien, im Dezember 1861.

II. Untersuchungen über die Sinnesthätigkeiten der Netzhaut;

von Hermann Aubert in Breslau.

(Fortsetzung von Bd. CXV S. 87.)

IV. Subjective Thätigkeit der Netzhaut.

Licht und Farbe bringen auf unserer Netzhaut Erregungen hervor, welche entweder von uns dazu benutzt werden, die Objecte der Außenwelt zu erkennen, oder nicht zu diesem Zwecke dienen: jene Thätigkeiten unserer Netzhaut, welche wir auf äußere Objecte beziehen, bezeichnen wir als eigentliche Sinnesempfindungen; die übrigen Erregungen fassen wir unter der Benennung »subjective Thätigkeit« zusammen. Wir machen dabei stillschweigend die Annahme, dass im ersteren Falle ein wirkliches Object un-

serer Empfindung entspricht; im zweiten Falle setzen wir kein Object als auferhalb vorhanden voraus, sondern sehen die Erregung als wesentlich von dem Subject ausgehend, als in der Construction des Subjectes bedingt an. Die Unterscheidung ist künstlich und willkürlich, aber sie ist im Ganzen zweckmäfsig.

Für gewöhnlich entgeht uns die subjective Thätigkeit unserer Netzhaut und nur unter besonderen Umständen erscheint sie uns in der Form von Blendungsbildern oder Nachbildern, in der Form von allmählichem Abgeschwächtwerden eines lebhaften Eindruckes oder dem Verschwinden eines Objectes aus dem Gesichtsfelde.

Insofern unsere Retina ein lebendiges, in fortwährender Veränderung begriffenes Organ ist, muß jeder Eindruck schon im ersten Momente seines Einwirkens die Erregbarkeit des Organes verändern: im zweiten Momente ist also der Zustand des percipirenden Organes ein anderer, als im ersten Momente, im dritten Momente muß er ein anderer seyn als im zweiten Momente usw. Es wird unsere Aufgabe seyn, die Veränderung in der Erregbarkeit unserer Netzhaut während des ersten Momentes festzustellen, und diese wird sich nachweisen lassen, wenn wir durch einen momentanen Eindruck eine subjective Thätigkeit unserer Netzhaut hervorbringen können. Das kann geschehen, wenn wir den elektrischen Funken betrachten, und auf die dieser momentanen Erregung folgende subjective Thätigkeit unserer Retina Achtung geben. Diese Betrachtungen veranlafsten mich, die durch Anschauen des elektrischen Funkens erzeugten Nachbilder zu beobachten.

Da ferner die subjective Thätigkeit zum Theil unabhängig ist von dem objectiven Eindrucke, so wird der Fall möglich seyn, daß diese subjective Thätigkeit zu einer solchen Höhe steigt, daß das Object keinen Eindruck mehr macht, also unsichtbar wird. Es wird zu untersuchen seyn, unter welchen Verhältnissen der Fall eintritt, daß der objective Eindruck ausgelöscht wird, und welchen Gang die subjective Thätigkeit dabei nimmt.

A. Nachbilder bei verschwindend kurzer Dauer des objectiven Eindrucks.

Zuvörderst bemerke ich zur Vermeidung von Verwirrung, daß man bei den Nachbildern zu unterscheiden hat: 1) nach der größeren oder geringeren Intensität des objectiven Eindrucks *Blendungsbilder* und *Nachbilder*; 2) nach der Relation zwischen dem objectiven Eindrucke und der subjectiven Erregung a) beim *Lichtsinne* *positive* und *negative* Nachbilder, insoweit nur die *Helligkeit*, abgesehen von der Farbe, in Betracht kommt; (Brücke: „ein *positives* Nachbild ist ein solches, in dem das hell ist, was im Objecte hell ist und das dunkel, was im Objecte dunkel ist; negativ dagegen ist das Nachbild, bei welchem das hell ist, was im Objecte dunkel ist, und umgekehrt.“ Diese Annalen Bd. 84, S. 436). — b) beim *Farbensinne* gleichfarbige und complementäre Nachbilder, in sofern es sich um Farben, abgesehen von Helligkeit, handelt.

Wir werden demnach *Blendungsbilder* bekommen, wenn wir einen starken elektrischen Funken im verdunkelten Zimmer betrachten, *Nachbilder*, wenn wir die Objecte, welche durch den Funken beleuchtet werden, anschauen.

Die Versuche werden in einem stark verdunkelten Zimmer angestellt, in welchem sich der Beobachter einige Zeit aufgehalten hat. Der elektrische Funken springt in einer bestimmten Entfernung zwischen den beiden Messingkugeln einer Riefs'schen Flasche über; man muß den Funken mit dem Centrum der Netzhaut und mit möglichst auf ihn accommodirtem Auge zu sehen suchen. Das Nähere über die Anstellung der Versuche findet sich in Moleschott's Untersuchungen Bd. V, S. 281 angegeben.

1. Beim directen Anschauen des elektrischen Funkens entstehen zuerst *positive*, dann *negative* *Blendungsbilder* mit *Lichthöfen*; sie klingen durch mehrere Farben ab und lösen sich endlich in dem *Nebel des Lichthofes* auf.

Im *Finstern* erscheint der Funken als nahezu weißer Fleck oder Streifen, mit röthlichgelbem *Lichthofe* umgeben. Unmittelbar, nachdem der Funken übergesprungen ist, tritt

ein blauer heller Nebel von etwa Tellergröße ohne centralen Kern hervor, welcher am Rande mit einem röthlichgelben Nebel umgeben ist. Dieser Nebel zieht sich nach der Mitté hin zusammen, indem der blaue Raum schnell vor ihm auf einen kleineren Kreis zurückweicht, zugleich wird das Blau intensiver und heller. Dieser Proceß verläuft sehr schnell, binnen höchstens einer halben Sekunde und es bleibt dann nur ein schmaler horizontaler Kernstreifen, wahrscheinlich dem intensivsten Theile des Funkens entsprechend, zurück. Er hat manchmal noch ganz kurze Zeit eine bläuliche Nüance, wird aber dann sogleich roth und ist von einem röthlich- oder grünlichgelbem Hofe umgeben. Dieser Hof bleibt meist bis zum Ende der ganzen Erscheinung. Der Kernstreifen wird demnächst gelb, dann weiß. In der gelben, mitunter auch erst in der weißen Phase ist er von dem Hofe durch einen dunklen Ring getrennt. Das Nachbild hat also folgende Gestalt: mitten ein sehr schmaler hellgelber Streifen, von 10^{mm} Länge und 1^{mm} Breite, umgeben von einem dunklen, zwei bis dreimal so starken Ringe, und um diesen ein gelbrother nach außen verschwimmender heller Nebel, etwa von der Größe eines Handtellers. In dem dunklen Ringe geht mitunter der centrale Kern auf, so daß nur ein dunkler Fleck im hellen Hofe erscheint; oder der centrale helle Fleck bleibt, überzieht den dunklen Ring und vermischt sich mit dem Hofe; oder der Hof verliert sich in der letzten Phase und der Kern bekommt undeutliche Contouren und vergeht als unbestimmter Fleck. Bisweilen habe ich gleich nach dem Ueberspringen des Funkens ein eigenthümliches Wogen in dem Hofe bemerkt, gleichsam als bestände der Hof aus mehreren concentrischen Schichten, die, indem sie gegen einander wogen, sich auf den oben beschriebenen Nebel zurückziehen.

Viel schöner und mannigfaltiger sind die Farbenerscheinungen beim Abklingen, wenn ein Halbdunkel im Zimmer herrscht. Die Erscheinungen sind, wenn man unmittelbar nach dem Ueberspringen des Funkens auf ein weißes Papier blickt, folgende:

Man sieht einen bläulich violetten Strich, welcher schmaler ist als der überspringende Funken, aber von sehr lebhafter Färbung und umgeben von einem kleinen elliptischen Hofe, welcher rein gelb und nicht scharf begränzt ist. Dieser gelbe Hof persistirt während der ganzen Erscheinung. Der centrale Streifen oder Kernstreifen geht aus dem bläulichen Violet in reines *Violet*, dann durch ein röthliches Violet allmählich in reines *Roth* über, welches in *Orange* und dann in *Gelb* sich abwandelt. Auch das Gelb verwandelt sich bald in einen *farblosen* Streifen; dieser wird dunkler — negative Phase — ohne im Anfange eine Farbennüance zu zeigen, bekommt dann einen grünlichen Teint und geht in ein schönes *Saftgrün* über; auch dieses verblasst wieder, vermischt sich allmählich mit dem gelben Hofe und vergeht mit diesem. Alle die beschriebenen Färbungen des Kernstreifens sind von der Schönheit und Lebhaftigkeit der Spectralfarben.

Wendet man dagegen im Halbdunkel die Augen auf schwarzen Sammet, so sieht man ein Nachbild von derselben *Bläue*, wie sie der Funken selbst im Halbdunkel hat, umgeben von einem gelben Hofe, der indess etwas größer erscheint als der Hof auf dem weissen Papier. Der Kernstreifen geht allmählich zu *Violet*, dann zu *Roth* über. Aus dem *Roth* geht er aber nicht in *Orange* und *Gelb* über, sondern verdunkelt sich — negative Phase — so dafs ein schwarzer Streifen im gelben Hofe erscheint. Allmählich wird der Streifen mit einem *grünen* Teint überzogen, die grüne Färbung wird lebhafter, fängt indess bald an sich mit dem gelben Hof zu vermischen und der Hof verschwindet, wie ein nasser Fleck auf einem erwärmten Bleche.

2. Wird der elektrische Funken durch *farbige Gläser* betrachtet, so ist der Verlauf der ganzen Erscheinung ähnlich wie beim freien Anschauen des Funkens. Hat man durch ein rothes oder grünes Glas den Funken angesehen, so zeigen sich *positive complementäre* Nachbilder. Genauere Angaben siehe in Moleschott's Untersuchungen Bd. V, S. 295 bis 298.

3. Wenn man auf den elektrischen Funken *indirect* sieht, so daß also sein Bild auf die *peripherischen Regionen* der Netzhaut fällt, so hat man deutliche *positive* Nachbilder; nur denen in der Nähe des Centrums folgt eine *negative* Phase. Je mehr man sich von dem Centrum entfernt, um so undeutlicher werden die Nachbilder in Form und Farbe, ohne an Glanz zu verlieren. Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt: Das rechte Auge des Beobachters befand sich über dem Ausschnitte eines Schirmes *a* immer an derselben Stelle bei *a*; in gleicher Höhe mit dem Auge und ihm gegenüber in einer Entfernung von 2 Fuß befand sich ein kurz vorher mit den Fingern geriebenes Streichhölzchen *b*, welches genügend hell glänzte, um als Fixationspunkt zu dienen. Die Riefs'sche Flasche *F* konnte auf einem durch den Fixationspunkt gehenden Kreise, dessen Mittelpunkt das Auge des Beobachters war, so verschoben werden, daß der Funken in 10° , 20° , 30° usw. Entfernung von dem fixirten Punkte übersprang, folglich auf entsprechend vom Centrum der Netzhaut entfernten Regionen derselben sein Bild entwarf. S. Fig. 14 Taf. II.

Der Funken erschien bei 10° , 20° , 30° , 45° , 60° , 80° Entfernung vom Centrum immer als ein großer glänzender Fleck ohne bestimmte Begrenzung, Form und Färbung, und ebenso erschien das Nachbild; es war nur etwas gelblich tingirt. Auf den jenseits 20° vom Centrum gelegenen Netzhautregionen erschien der ganze Fleck gleichmäßig hell und wurde im Verlauf einiger Sekunden matter, ohne bestimmte Phasen zu zeigen. Bei 10° und auch noch bei 20° vom Centrum liefs sich ein hellerer Kern, aber auch ohne bestimmte Begrenzung wahrnehmen, an dessen Stelle nach Verlauf einiger Sekunden ein dunkler Fleck in dem hellen Nebel auftrat; somit zeigte sich auch bei diesen Nachbildern in der näheren Umgebung des Centrums eine negative Phase. Das ganze Nachbild erschien größer, als das beim directen Sehen gewonnene. Farben des Nachbildes habe ich nicht bemerken können, selbst dann nicht, wenn der Funken

durch farbige Gläser indirect gesehen wurde. Der glänzende Kopf des Streichhölzchens, welcher fixirt wurde, war nach dem Ueberspringen des Funkens und während der ersten Sekunden des Nachbildes nicht zu sehen, eine Erscheinung, auf die ich weiter unten zurückkommen werde.

Im Allgemeinen sind die beim elektrischen Funken gewonnenen Blendungsbilder ebenso, wie die bei länger dauerndem Anschauen einer hellen Flamme oder der Sonne gewonnenen Blendungsbilder beschaffen und nur gradweise von denselben verschieden. Nur die peripherischen Theile der Netzhaut verhalten sich ungleich: während auf ihnen durch den elektrischen Funken Nachbilder erzeugt werden, entstehen beim längeren indirecten Anschauen der Sonne oder einer hellen Flamme keine Nachbilder, wenigstens nicht auf den über 20° vom Centrum entfernten Regionen. Wie die Perceptionsfähigkeit für objective Eindrücke in diesen Regionen geringer ist, wovon wir beim Licht- und Farbensinn Beispiele gehabt haben, so scheint auch die subjective Erregbarkeit daselbst geringer oder wenigstens leichter erschöpfbar zu seyn.

4. *Die Nachbilder von Objecten, welche durch den elektrischen Funken beleuchtet werden, sind immer nur positiv, indefs bald gleichfarbig, bald complementär. Letzteres hängt von der Farbe an sich, von dem umgebenden Grunde und vielleicht auch von der Grösse der farbigen Fläche ab.*

Springt in einem Zimmer, welches so finster ist, dafs man von den umgebenden Objecten nichts sieht, ein kräftiger Funken an der Rieffs'schen Flasche über, so erscheinen die Objecte sehr hell; aber gleich darauf tritt entweder tiefe Dunkelheit ein, aus der die Objecte ebenso, wie sie erschienen waren, nur lichtschwächer auftauchen, schnell an Helligkeit zunehmen und dann wieder verblassen und dunkler werden, bis sie verschwunden sind; oder nach dem Ueberspringen des Funkens erscheinen die Objecte sofort wieder, aber lichtschwächer, nehmen erst schnell an Helligkeit zu, und dann langsam wieder ab, bis sie verschwinden. Die Nachbilder sind also nur *positiv*.

Um dieselben genauer, namentlich auch in Bezug auf ihre Färbung, beobachten zu können, wendete ich folgende Vorrichtung an (s. Fig. 15 Taf. II). An dem verticalen Brette A befindet sich oben ein kleiner Ausschnitt a, welcher der Mittelpunkt eines an dem Brette gezogenen Halbkreises ist. Um diesen Halbkreis ist ein Pappstreifen f so befestigt, daß er einen halben Cylindermantel bildet. Der intensive weiße Pappstreifen kann auch mit schwarzem Sammet bedeckt werden (ich werde ihn als weißen und schwarzen Grund bezeichnen) und es können darauf kleinere weiße, schwarze oder farbige Papierstreifen b, mit einer Reihe von farbigen, weißen oder schwarzen Quadraten c, c', c'' von je 1 Ctm. Größe und eben so weit von einander entfernt gelegt werden. Wir werden also Grund, Streifen und Quadrate unterscheiden. Bei den Versuchen wird die Wange auf den Ausschnitt a des Brettes A gelegt, so daß das Auge nach dem mittelsten Quadrate c gerichtet ist, und sich über ihm in der Axe des Cylinders befindet. Der Mitte des Brettes A gegenüber steht die Rieffs'sche Flasche, deren Kugeln sich in einer solchen Höhe befinden müssen, daß der überspringende Funken das Auge nicht blendet. Die Versuche sind in großer Menge angestellt und vielfach wiederholt worden, theils zur Feststellung der gewonnenen Resultate, theils wegen der Schwierigkeit, in *den wenigen Sekunden, welche die ganze Erscheinung dauert*, alle Momente derselben zu erfassen.

In Bezug auf *Helligkeit* zeigten sich die Nachbilder auch bei dieser Vorrichtung, wie gesagt, immer nur *positiv*, so daß das, was im Object dunkel war, auch im Nachbilde dunkel erschien.

Rücksichtlich der *Färbung* der Nachbilder zeigte sich aber keine Constanz, wie folgende Tabelle lehrt.

Die Nachbilder sind also positiv.

das
auf
dra
nen
der
nen
hak
und
Pap
unt
der
nur
fen
dag
ma
dal
in

ke
we
wa
Fa
Bl
Na

Färbung			
Streifen	Quadrate	Grund	der Nachbilder
Roth	weiß	weiß	Complementär
Roth	weiß	schwarz	Complementär
Blau	weiß	weiß	Gleichfarbig
Blau	weiß	schwarz	Complementär
Blau	schwarz	weiß	Gleichfarbig
Blau	schwarz	schwarz	Complementär
Gelb	weiß	weiß	Complementär
Gelb	weiß	schwarz	Complementär
Gelb	schwarz	weiß	Complementär
Gelb	schwarz	schwarz	Gleichfarbig

In Bezug auf *Roth* habe ich noch zu bemerken, daß das Nachbild des rothen Streifens immer ein *tiefgrünes* war; außerdem hatte ich einen weißen Streifen mit rothen Quadraten von je 1 Quadratcentimeter; diese Quadrate erschienen im Nachbilde immer *Roth*, also *gleichfarbig*, während der rothe Streifen immer *grün*, also *complementär* erschienen war. Ich kann nicht glauben, daß ich mich getäuscht habe; ich habe die Experimente mit den rothen Streifen und den rothen Quadraten, welche aus ein und demselben Papierbogen geschnitten waren, an ein und demselben Tage unter ganz gleichen Umständen wechselweise hinter einander angestellt, und immer dasselbe Resultat bekommen. Da nun die sämmtlichen rothen Quadrate auf dem weißen Streifen nur einen Flächenraum von 30 Ctm., der rothe Streifen dagegen einen Flächenraum von 225 Ctm. bildete, so muß man wohl annehmen, daß die *Größe einer farbigen Fläche* dafür bestimmend ist, ob das Nachbild in der gleichen oder in der complementären Farbe des Objects erscheint.

Bei *Blau* und *Gelb* zeigt sich zunächst, wie sehr Brücke's Warnung zu beherzigen ist: »man möge nicht ohne weiteres aus einer Erscheinung, die man bei einer Farbe wahrgenommen hat, auf *analoge Erscheinungen bei andern Farben* schließen« (diese Annalen Bd. 84 S. 420). Denn *Blau* giebt unter denselben Bedingungen ein *complementäres* Nachbild, unter denen *Gelb* ein *gleichfarbiges* Nachbild lie-

fert. Als ich den blauen und den gelben Streifen beide neben einander auf schwarzen Sammet legte, waren die Nachbilder beide gelb, nur hatte das Nachbild des blauen Streifens eine grauröthliche Beimischung. Die Farbe an sich ist demnach maßgebend für die Natur des Nachbildes. Ausserdem zeigte sich bei diesen beiden Farben ein bedeutender Einfluss des *umgebenden Grundes*, denn Blau auf *Weiss* gab ein *gleichfarbiges*, Blau auf *Schwarz* ein *complementäres* Nachbild; Gelb auf *Weiss* gab ein *complementäres*, Gelb auf *Schwarz* ein *gleichfarbiges* Nachbild. Auffallend ist in dieser Beziehung auch, dass, während der gelbe Streifen mit den *schwarzen* Quadraten auf schwarzem Grunde ein gleichfarbiges Nachbild gab, derselbe mit *weissen* Quadraten, gleichfalls auf schwarzem Grunde ein complementäres Nachbild erscheinen liess.

5. Mit der Beleuchtung einer farbigen Fläche durch den elektrischen Funken tritt zugleich eine complementäre Färbung des gleichzeitig gesehenen Weiss auf, welche mitunter auch im Nachbilde bleibt.

Besonders auffallend war diese gleichzeitige complementäre Färbung bei den weissen Quadraten auf den farbigen Streifen.

Farbe des Streifens	Gleichzeitige Färbung der Quadrate	Färbung der Quadrate im Nachbilde
Roth	grünlich	röthlich
Blau	gelb	gelbröthlich
Grün	röthlich	?
Gelb	bläulich	gelblich

Schwächer, aber noch deutlicher zu bemerken, war der grünliche Teint des weissen Grundes, wenn sich rothe Quadrate auf demselben befanden.

Es tritt also auch bei momentaner Beleuchtung die Erscheinung des *contraste simultané* auf, über welchen zuerst Prieur de la Côte d'Or (*Annales de Chimie et de Physique* T. 54 année 13), später Plateau (*ibid.* T. 58 1835 p. 361), Fechner (diese Annalen Bd. 50 S. 443) und Brücke (*ibid.* Bd. 84 S. 420), namentlich aber in ausge-

dehntem Maasse Chevreul (*Mémoires de l'Institut T. XI* 1832 p. 440 und die »Farbenharmonie etc.« Stuttgart 1840) Untersuchungen angestellt haben. Mir scheint die Beobachtung eines solchen simultanen Contrastes in meinen Versuchen deshalb von Interesse, weil bei denselben die Augenbewegungen als gänzlich ausgeschlossen anzusehen sind, der Einwand also nicht gemacht werden kann, es rühre jene complementäre Färbung davon her, daß eine Stelle der Retina zuerst der Farbe des Objects zugekehrt gewesen sey, dann aber auf Weiß gewendet die complementäre Färbung eines gewöhnlichen Nachbildes gezeigt habe. Eine derartige Auslegung als eine Verwechselung des *contraste successive* mit dem *contraste simultané* ist in meinen Versuchen nicht möglich.

Außerdem ist es aber auffallend, daß der *simultane Contrast selbst noch einen successiven Contrast hervorrufen*, indem die durch den simultanen Contrast complementär gefärbten weißen Quadrate noch einmal complementäre Nachbilder hervorrufen, so daß jene Quadrate im Nachbilde dieselbe Farbe, nur sehr bedeutend abgeschwächt, haben, wie der Grund. Es ruft also die eine subjective Erregung eine neue, zum Theil entgegengesetzte, subjective Erregung hervor. Besonders schön und mit einem eigenthümlichen Glanze erschienen die Nachbilder der weißen Quadrate auf dem blauen Streifen. Ich glaube auf Grund dieser Beobachtung einen Plateau'schen Versuch (diese Annalen Bd. 32 S. 526) anders auslegen zu müssen, als es der Urheber desselben gethan hat, worüber unter 14 das Nähere gesagt werden wird.

6. Von dieser simultanen Färbung des Weißs ist eine andere ganz eigenthümliche Erscheinung zu unterscheiden: *scheinbar gleichzeitig mit dem Uberspringen des Funkens treten nämlich an den rothen und schwarzen Quadraten auf weißem Grunde sehr helle grünliche oder weiße Quadrate auf, welche nur einen Moment dauern.* Da sie in manchen Versuchen an derselben Stelle zu seyn schienen, wo die rothen Quadrate gesehen wurden, in andern Versuchen et-

was gegen die rothen Quadrate verschoben erschienen, so glaube ich dieselben als negative complementäre Nachbilder ansprechen zu müssen, deren Erscheinung dem objectiven Eindrücke so schnell folgte, daß ein Zeitintervall zwischen beiden dem Sinne entging, eine geringe Verschiebung des Auges aber mitunter noch stattfinden konnte. Mein Freund, Prof. Marbach hierselbst, hat diese Erscheinung, ohne daß ich ihn darauf aufmerksam gemacht habe, gleichfalls bemerkt.

7. Auf der *Peripherie der Netzhaut* (beim indirecten Sehen) sind die Nachbilder von Objecten, welche durch den elektrischen Funken beleuchtet werden, weniger deutlich und scharf begränzt, weniger intensiv gefärbt und dauern kürzere Zeit. Sie verschwinden meist in der Weise, daß die ganze Reihe der Quadrate zu einem breiteren Streifen zusammenfließt, welcher immer matter und verschwommener wird; mitunter sieht man aber auch die Quadrate lange Zeit getrennt bleiben und dann beobachtet man bisweilen, wie einzelne aus der Reihe der Quadrate förmlich weggewischt werden.

8. Man kann auch ohne Anwendung des elektrischen Funkens, bei sehr kurzer Dauer des objectiven Eindrucks positive Nachbilder bekommen, sowohl von hellglänzenden Flammen als von Objecten, die durch das gewöhnliche diffuse Tageslicht beleuchtet werden. Wenn man die Augen mit den Händen oder mit einem Tuche bedeckt, dasselbe nur einen Augenblick wegnimmt und auf die Objecte sieht, gleich darauf wieder die Augen schließt und bedeckt; so bekommt man positive Nachbilder, welche genügend lebhaft sind, um in Bezug auf Helligkeit und Farbenverhältnisse beobachtet werden zu können.

Durch momentanes Anschauen der Sonne oder einer hellen Flamme erhält man ganz analoge Blendungsbilder, wie beim directen Anschauen des elektrischen Funkens, nämlich positive, durch mehrere Farben abklingende Blendungsbilder, denen eine kurze negative Phase folgt. Sie unterscheiden sich von den durch längeres Anschauen erhaltenen Blendungsbildern hauptsächlich durch die längere

Da
Na
ein
pos
Sch
bild
sie
Oer

mei
im
aber
Bel

im M
drat
girt
unte
fser
des
bei
gativ
auftr
fuser
auch
tane
g

aus
der
Zeit
vollk
und
wür
sions
kurz
Eind
und

Dauer der positiven im Verhältniß zur negativen Phase. Nach momentanem Anschauen eines Fensterkreuzes oder einer hellen Wand mit dunkeln Bildern hat man gleichfalls positive Nachbilder, so daß das Fensterkreuz dunkel, die Scheiben hell erschienen. Wenn man die positiven Nachbilder nicht auf den ersten Blick bekommt, so kann man sie sich durch mehrmaliges, rasch hinter einander folgendes Oeffnen und Schließen der Augen verschaffen.

Die Nachbilder, welche ich durch momentanes Anschauen meiner oben beschriebenen farbigen Streifen und Quadrate im verbreiteten Tageslichte gewinne, sind gleichfalls positiv, aber weniger intensiv und von kürzerer Dauer als bei der Beleuchtung durch den elektrischen Funken.

Rothe Quadratcentimeter auf weißem Grunde erscheinen im Nachbilde schwarz; der rothe Streifen mit weißen Quadraten erscheint im Nachbilde dunkelgrün mit röthlich tingirten hellen Quadraten; das Nachbild des gelben Streifens unterscheidet sich von dem des blauen Streifens durch größere Helligkeit und Reinheit des Gelb; denn das Nachbild des blauen Streifens ist mit Grau gemischt, blau ist es aber bei mir entschieden nicht. Von den unter 6 erwähnten negativen, glänzenden, scheinbar gleichzeitig mit dem Object auftretenden Nachbildern kann ich bei Anwendung von diffusum Tageslichte nichts sehen. Wohl aber zeigten sich auch unter diesen Umständen die Erscheinungen des simultanen Contrastes.

9. In Beziehung auf die *Erregung der Netzhaut* geht aus den Versuchen hervor: a) daß die subjective Erregung der Netzhaut den momentanen objectiven Eindruck lange Zeit überdauert; b) daß sie ihn unter gewissen Umständen vollkommen gleichsinnig in Bezug auf Helligkeitsverhältnisse und Färbung überdauert. Für diese Art der Erregung würde Plateau's Bezeichnung *„persistance des impressions de la rétine“* passend seyn, wenn nicht häufig ein kurzes Intervall von Dunkelheit zwischen dem objectiven Eindruck und der subjectiven Erregung eingeschoben wäre und nicht außerdem immer ein Anwachsen der Intensität

des Nachbildes im Anfange desselben stattfände. c) Dafs die Erregung der Retina oft nur gleichsinnig mit dem objectiven Eindrücke in Bezug auf Helligkeit, nicht aber in Beziehung auf Farbe ist. d) Dafs wenn nur ein beschränkter Theil der Netzhaut momentan durch helles weisses oder durch farbiges Licht afficirt wird, auch die übrige Netzhaut antagonistisch oder complementär erregt wird.

Demgemäfs wird der objective Eindruck durch die aus demselben hervorgehende subjective Erregung in manchen Fällen verstärkt, in andern Fällen geschwächt werden, ein Verhalten, welches wir jetzt einer näheren Betrachtung unterwerfen wollen.

B. Verhalten des objectiven Eindrucks und der subjectiven Erregung zu einander bei längere Zeit dauerndem Anschauen eines Objects.

Da wir gesehen haben, dafs durch einen momentanen Eindruck sogleich eine subjective Thätigkeit in der Retina ausgelöst wird, welche den Eindruck überdauert, so werden wir bei der Anschauung eines Objectes, wenn dieselbe eine mefsbare Zeit dauert, eine Sinnesempfindung haben, welche die Resultante ist aus der Einwirkung des Objects und der subjectiven Thätigkeit unserer Netzhaut. Wir können uns mit Berücksichtigung der Unterscheidung von Licht- und Farbensinn folgende Fälle denken:

1. Die objective Einwirkung wird durch die subjective Erregung *verstärkt*; dann mufs der Erfolg seyn: dafs a) das Object an Helligkeit zunimmt, b) seine Färbung intensiver wird.

2. Die objective Einwirkung wird durch die subjective Erregung *geschwächt*: a) ein Object wird immer dunkler und lichtschwächer und verschwindet sogar endlich ganz, oder an seiner Stelle erscheint eine im Verhältnifs zur Umgebung dunklere Stelle. b) Die Farbe des Objects verliert immer an Lebhaftigkeit, bis das Object endlich farblos erscheint, oder gar die complementäre Farbe an Stelle der ursprünglichen Farbe erscheint.

3. Die Veränderung der Resultirenden in dem einen

oder andern Sinne findet entweder gleichmäfsig, oder mit *Schwankungen* (*Oscillationen*, *Plateau*) statt: a) das Object erscheint abwechselnd heller und dunkler oder verschwindet und erscheint wieder; b) das Object erscheint abwechselnd mehr oder weniger intensiv gefärbt, oder abwechselnd gefärbt und farblos, oder abwechselnd in der ursprünglichen Farbe und complementär.

10. Der erste Fall, dafs ein Object durch Hinzukommen des positiven Nachbildes heller oder intensiver gefärbt erscheint, sollte nach den Beobachtungen beim elektrischen Funken, wo ja immer positive Nachbilder sich bildeten, häufig vorzukommen scheinen. Indefs kann ich dafür keine reinen Erfahrungen anführen. Ein Hellerwerden des ganzen Gesichtsfeldes habe ich bei längerem Fixiren eines Punktes bei grofser Helligkeit und ziemlich gleichmäfsiger Beleuchtung des ganzen Sehfeldes beobachtet; damit war aber ein Undeutlichwerden der äufseren Objecte verbunden; ich bin nicht sicher, ob hier nicht eine Akkommodation für die Ferne mit entsprechender Pupillenerweiterung stattgefunden hat, und folglich das Hellerwerden des Gesichtsfeldes durch eine Vermehrung der auf die Netzhaut gelangenden Lichtquantität veranlafst worden ist.

Ferner erreicht ein weifser Fleck auf dunklem Papier oft erst nach einer gewissen, wenn auch kurzen Zeit des Anschauens seine höchste Helligkeit, aber hier machen sich simultane Contrastwirkungen geltend. So wird auch, wenn man in die Sonne sieht, der Glanz der Sonne nicht gröfser, aber der Himmel bekommt eine tiefdunkelblaue Farbe, welche also zu der Sonnenscheibe einen stärkeren Contrast bildet. Es würden hier Experimente mit einer tachistoskopischen (Volkmann) Vorrichtung Aufschluss geben können, indem man nämlich ein Object eine $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{10}$ usw. Sekunde lang erleuchtete und bestimmte, ob das Object bei einer länger dauernden Beleuchtung, eventualiter, bei welcher Dauer der Beleuchtung es am hellsten erschiene. Erschiene das Object bei der kürzestmöglichen Beleuchtung nicht am hellsten, so würde man schliesen müssen, dafs

der objective Eindruck durch das positive Nachbild verstärkt wird.

Damit würde zugleich eine zweite Frage beantwortet werden können, nämlich: *nach welcher Zeit schlägt das positive Nachbild in das negative um?* Denn bei der Beleuchtung durch den elektrischen Funken oder bei sehr kurzem Anschauen eines Objectes im verbreiteten Tageslichte ist ja das Nachbild positiv, beim Anschauen während mehrerer Sekunden wird es negativ.

Es muß also vorläufig noch fraglich bleiben, ob ein objectiver Eindruck durch eine gleichsinnige subjective Thätigkeit überhaupt verstärkt werden kann, oder ob nicht jede subjective Erregung dem Eindrücke des Objects entgegenwirkt.

11. Für den zweiten Fall, daß die objective Einwirkung durch die subjective Erregung geschwächt wird, finden sich zunächst beim Lichtsinne Erfahrungen. Wenn man die Sonne mehrere Sekunden lang fixirt, so überzieht sich die glänzende Scheibe alsbald mit einem dunklen Schleier und nur die Ränder der Scheibe erscheinen auf Momente in dem ursprünglichen Glanze. Der dunkle Schleier ist aber nichts anderes als der Ausdruck der subjectiven Thätigkeit unserer Netzhaut, welche sich mit dem objectiven Eindrücke combinirt, so lange wir die Sonne fixiren; welche aber für sich isolirt erscheint, wenn wir die Augen schließen, oder auf einen andern Punkt wenden. Die hellen Ränder rühren aber von kleinen Bewegungen unserer Augen her, wodurch neue noch nicht geblendete, oder subjectiv weniger thätige Stellen unserer Netzhaut getroffen werden.

Ob bei diesem Versuche die subjective Erregung so weit getrieben werden kann, daß die Sonne verschwindet, weiß ich nicht; auch kann ich nicht angeben, ob Ritter in seinem tollkühnen Experimente, in welchem er »20 Minuten lang so starr als möglich in die Sonne sah« aufgehört hat, die Sonne zu sehen, da mir Ritter's Beiträge nicht zu Gebote stehen, und ich diesen Versuch nur

aus Dubois-Reymond's Untersuchungen über thierische Elektricität (I. p. 349) kenne.

Da es unangenehm, und für viele Personen gewiß nicht unschädlich ist, einige Sekunden lang die Sonne zu fixiren, so ist es wichtig, daß man in Bezug auf subjective Erregung der Netzhaut dasselbe Resultat auf unschädliche Weise erreichen kann, wenn man nämlich einen weißen Fleck, etwa einen Quadratzoll weißes Papier auf schwarzem Grunde im verbreiteten Tageslichte eine viertel oder halbe Minute lang fixirt: man bemerkt auch dann ganz deutlich, daß sich das Papier mit Grau überzieht, und nur die Ränder hin und wieder hell weiß erscheinen. Ein sicheres, ruhiges Fixiren ist übrigens dazu durchaus erforderlich. Zu einer so hohen subjectiven Erregung, daß das weiße Quadrat vollständig verschwunden wäre, habe ich es indess im verbreiteten ungeschwächten Tageslichte nicht bringen können. Nur in dem Plateau'schen Versuche (diese Annalen Bd. 32 S. 546), wenn ich auf eine rothe Fläche durch eine geschwärzte Röhre hindurch sah, und einen Punkt der Fläche scharf beinahe eine Minute lang fixirte, ist es mir gelungen, auf kurze Zeit alles dunkel werden zu sehen, bis auf einige hellgelbe feine Bogen eines Ringes. Letztere waren offenbar die Gränze der Röhre gegen die rothe Fläche und waren ebenso wie jene hellen Kreise an der Sonne und die hellen Ränder des Papierquadrates durch kleine Bewegungen des Auges veranlaßt worden. In dieser speciellen Form des Versuches habe ich ein *Verschwinden des Objectes während immer stärkerer Entwicklung des Nachbildes oder der subjectiven Erregung* beobachten können.

Sehr leicht bemerkt man dagegen eine Verdunklung und ein Verschwinden heller Objecte, wenn die Helligkeit des verbreiteten Tageslichtes bedeutend vermindert wird. Liefs ich in mein finsternes Zimmer (cf. diese Annalen Bd. 115 S. 102 und Abhandlungen der Schlesischen Gesellschaft 1861 Heft I S. 52 oder Moleschott's Untersuchungen Bd. VIII S. 246) eine so geringe Menge diffusen Tageslichtes ein, daß gewisse weiße Objecte nur eben sichtbar waren, so wur-

den dieselben, wenn ich sie genauer sehen wollte und deshalb einige Zeit fixirte, immer dunkler und verschwanden alsbald vollständig. Erfolgte eine kleine Augenbewegung, zu der man sehr geneigt ist, da man das verlorne Object wiederzufinden sucht, so erschien das Object sofort wieder, um aber bald darauf wieder in der dunkeln Umgebung zu verschwimmen.

Analoges haben Reichenbach's Sensitive beobachtet und Reichenbach sagt darüber Folgendes (der sensitive Mensch 1855 Bd. II S. 12 §. 1660): »Eine eigne Erscheinung im Sehvermögen der Sensitiven sind die vielen Remittenzen und Intermittenzen, die bei seinem Gebrauche vorkommen. Mitten in der Wahrnehmung von Od-Licht geschieht es, dafs die Beobachter die erhellten Gegenstände, die sie so eben deutlich sahen, nur noch unklar erkennen oder dafs sie ihnen gar aus den Augen entschwinden und dafs sie sie nicht mehr sehen. Sie klagen dann, dafs es plötzlich um sie her wieder ganz Nacht geworden sey und dafs sie durchaus nichts mehr wahrzunehmen vermögen. Die erste Beobachtung machte ich hiervon (August 1845) an Fräulein Atzmanssdörfer. Mitten im besten Zuge der Arbeit mit ihr in der Dunkelkammer stockten plötzlich ihre Antworten; sie, die soeben noch die Lichterscheinungen an den in ihren Händen befindlichen Krystallen und Magneten vortrefflich gesehen hatte, sah plötzlich nichts mehr und war mit sich selbst in dieselbe Nacht zurückgesunken, in der ich mich befand. Erschrocken hieüber fragte ich sie um Umstände und Ursachen, aber ehe sie mit deren Schilderung zu Stande gekommen, nach Verflufs von einer bis zwei Minuten kam ihr das Gesicht zurück und sie sah bald alles wieder, was sie umgab, so klar wie zuvor usw.«

Indem ich die Beobachtungen Reichenbach's als analog den meinigen anspreche, mache ich dabei allerdings die Voraussetzung, dafs es sich bei Reichenbach's Sensitiven um wirkliches Sehen schwach leuchtender oder beleuchteter Objecte handle, was vielleicht Reichenbach's Ansichten entgegen ist. Es kann hier nicht meine Aufgabe seyn, zu

untersuchen, ob es sich in Reichenbach's Beobachtungen um Licht oder um Od-Licht handle.

Das Verschwinden von kleinen Objecten, welche man fixirt, bei einer sehr schwachen Beleuchtung haben ausserdem zuerst Förster und ich bei unsern gemeinschaftlichen Untersuchungen über das indirecte Sehen beobachtet (Förster, Hemeralopie S. 13).

Wir müssen indess hier unterscheiden das Undeutlichwerden und Verschwinden von Objecten, 1) wenn dieselben *fixirt*, d. h. *direct* gesehen werden, 2) wenn dieselben *indirect* gesehen werden.

Mit Rücksicht hierauf habe ich Beobachtungen angestellt, deren Ergebnisse im Einzelnen in meinen Beiträgen zur Physiologie der Netzhaut (Abhandlungen der Schles. Gesellsch. 1861 Heft I S. 57 ff. und Moleschott's Untersuchungen Bd. VIII S. 253) beschrieben sind; hier will ich die Resultate im Allgemeinen anführen: a) im *verbreiteten Tageslichte* oder bei hellem Lampenlichte werden *indirect* gesehene Objecte undeutlicher und endlich unsichtbar, wenn man einen Punkt längere Zeit (einige Sekunden bis zu einer Minute) fixirt und dabei jede Bewegung des Auges sorgfältig vermeidet. Je heller die *indirect* gesehenen Objecte sind und je näher dem Centrum der Netzhaut sie liegen, um so länger dauert es, ehe sie verschwinden.

b) Im *stark verdunkelten Zimmer* verschwindet der *fixirte* Punkt nicht, wenn derselbe gegen seine Umgebung stark contrastirt. Als Object diente das von einem kleinen Convexspiegel reflectirte Bild der Diaphragmaöffnung, durch welche das verbreitete Tageslicht in das finstere Zimmer gelangte.

c) Der *fixirte* Punkt verschwindet um so früher, je weniger er gegen seine Umgebung contrastirt und je lichtschwächer er ist. Als Objecte dienten Stücke weissen Papiers von 1 Quadratcentimeter in 1 Meter Entfernung vom Auge und von der Lichtquelle.

d) Von Objecten, welche einander ganz gleich und sehr *lichtschwach* sind, verschwinden im finstern Zimmer

die direct gesehenen früher, als die indirect gesehenen, wenn das Auge vorher im verbreiteten Tageslicht gewesen ist; dagegen verschwinden beide gleichzeitig, wenn man vorher eine viertel bis halbe Stunde im finstern Zimmer zugebracht hat.

e) *Lichtstärkere* Objecte verschwinden *indirect* gesehen in der Weise, dafs sie sich in einen hellen Nebel auflösen.

f) Es hat mir oft geschienen, dafs die indirect gesehenen lichtstärkeren Objecte, *nachdem sie verschwunden waren, wieder auftauchten*, ohne dafs ich aufgehört hätte, den fixirten Punkt festzuhalten, ohne also Bewegungen mit dem Auge zu machen.

Das Dunkelwerden heller Objecte im diffusen Tageslichte und das Verschwinden derselben beim indirecten Sehen, sowie das Verschwinden lichtschwacher Objecte im verfinsterten Zimmer habe ich als zusammengehörige Erscheinungen aufgefaßt, deren gemeinschaftliche Ursache die subjective Thätigkeit der Netzhaut sey. Streng bewiesen ist die Zusammengehörigkeit allerdings nicht, sie scheint mir aber durch die beim indirecten Sehen beobachteten Vorgänge, wo helle Objecte allmählich dunkler werden und endlich ganz verschwinden, so wie durch die Beobachtung bei dem oben erwähnten Plateau'schen Versuche viel für sich zu gewinnen. Es wird meine fernere Aufgabe seyn, die *obere* Gränze der Beleuchtung zu bestimmen, bei welcher ein direct gesehenes Object noch ganz *verschwindet* und die *untere* Gränze der Beleuchtung, bei welcher ein Object noch ein nachweisbares Nachbild liefert; zwischen beiden Gränzen mufs dann eine gewisse Breite seyn, innerhalb welcher ein Object verschwindet und Nachbilder liefert. Mit diesem Nachweise würde der Beweis für die Zusammengehörigkeit beider Erscheinungen geliefert seyn.

12. Entsprechende Resultate zeigen sich beim *Farbensinne*. Wie bereits Plateau und Fechner bemerkt haben, verliert eine Farbe, die man eine Zeit lang angeschaut hat, bedeutend an Intensität, »indem sich schon während des Anschauens ihr Nachbild entwickelt.« Ein brennendes

Roth auf schwarzem oder weißem Grunde überzieht sich bald mit einem dunklen Schleier, und macht man kleine Bewegungen mit dem Auge, so erscheint der eine Rand des farbigen Fleckes in der ursprünglichen Intensität seiner Farbe; während auf dem entgegengesetzten Rande die Umgebung einen feinen grünen Saum, den Ausdruck des complementären Nachbildes zeigt. Dasselbe gilt für andere gesättigte Farben.

Ist die farbige Fläche nicht zu groß, beträgt sie z. B. 9 bis 25 Quadratmillimeter in 2 bis 3 Decimeter Entfernung vom Auge, so hört, wenn man die rothe Fläche eine oder einige Minuten lang scharf fixirt, die Empfindung der Farbe ganz auf, und man sieht ein graues Quadrat auf schwarzem Grunde, welches eher noch einen grünen Schimmer hat. Das Nachbild oder die subjective Thätigkeit erreicht also eine solche Höhe, daß der objective Eindruck der Farbe dadurch aufgehoben wird, ja daß sogar noch ein Ueberschuss von subjectiver Thätigkeit empfunden wird. Während dieser Erfolg bei verbreitetem Tageslichte und mit Fixiren, also directem Sehen, des Objectes gewonnen wird, zeigt sich, analog den Erfahrungen beim Lichtsinne, das Verschwinden der Färbung viel leichter bei indirectem Sehen oder bei Beschränkung des Lichtzutrittes. Fixirt man einen 2 Decimeter langen und 2 bis 3 Millimeter breiten rothen Papierstreifen auf weißem Grunde in der Mitte, so sieht man schon nach 10 Sekunden die beiden Enden desselben schwarz werden, und bei längerem Fixiren des Mittelpunktes nimmt die Verdunklung des Streifens von den Enden nach der Mitte hin immer mehr zu. Blickt man dann daneben auf den weißen Grund, so hat man ein grünes Nachbild von dem ganzen Streifen.

Wie also beim Lichtsinne ein Undeutlichwerden und Verschwinden eines *indirect* gesehenen Objectes stattfindet, so tritt beim Farbensinne ein Verlöschen der Farbe ein, indem sich das Nachbild der Farbe oder die subjective Thätigkeit des Farbensinnes entwickelt. Daß aber farbige Flächen, wenn sie *indirect* gesehen schon farblos erschei-

nen, lebhaft complementäre Nachbilder geben, davon habe ich mich vielfach bei Gelegenheit von Untersuchungen über das Verhalten der Nachbilder auf den peripherischen Theilen der Netzhaut überzeugt.

Bei meinen Untersuchungen über die Gränzen der Farbenwahrnehmung beim indirecten Sehen (Gräfe's Archiv III, 2, S. 57 und diese Annalen Bd. 115, S. 100, cf. Tab. I Fig. 8) habe ich dasselbe gefunden. Hatte ich an dem dort beschriebenen Gradbogen ein rothes Quadrat auf weißem Grunde um 20° von dem fixirten Punkte fortgeschoben, so bemerkte ich, daß es schwarz wurde; bewegte ich es nun ein wenig, indem ich den Kreisbogen um seinen Befestigungspunkt drehte, so erschien es noch wieder roth. Offenbar war die Stelle der Retina, auf der es schwarz erschien, in einer durch den objectiven Eindruck veränderten subjectiven Thätigkeit, während die neue Stelle der Retina, auf welche das Bild in Folge der Bewegungen des Objectes fiel, noch ihre unveränderte Farbenempfindlichkeit besaß.

Daß die Farben bei *verminderter Beleuchtung* nur im ersten Momente des Anschauens ihre Farbe zeigen, bei längerem Anschauen aber sehr bald wieder verlieren, habe ich schon oben (diese Annalen Bd. 115, S. 106) bemerkt.

13. Man bringt gewöhnlich die Nachbilder von einer Farbe zur Anschauung, indem man die Augen von der farbigen Fläche, welche man fixirt hat, auf einen schwarzen oder weißen Grund hin fortbewegt. Wenn es sich aber um kleine Zeitdifferenzen handelt, so werden durch die Bewegungen der Augen mancherlei störende Einflüsse hervorgebracht, so daß es zweckmäßiger ist, zur Beobachtung der Nachbilder die Augen unbewegt zu halten und lieber die farbige Fläche und den schwarzen oder weißen Grund in Bewegung zu setzen. Man kann das sehr leicht durch eine drehbare Scheibe erreichen, auf welcher ein Sector farbig, die übrige Fläche der Scheibe aber weiß oder schwarz ist, und welche mit einer gewissen Geschwindigkeit gedreht wird. Hat sich, während der farbige Sector

an dem Auge vorübergeht, eine subjective Erregung der Netzhaut eingestellt, so wird der Ausdruck derselben die Farbe oder die Nüance seyn, welche der übrige Grund der Scheibe annimmt. Durch die Wiederholung des Vorbeigehens des rothen Sectors vor dem Auge wird die subjective Erregung der Retina erhöht. Da die Zeit, während welcher der objective Eindruck auf das Auge gemacht wird, wesentlich für die Entwicklung und für den Charakter des Nachbildes ist, und da außerdem eine gewisse Zeit erforderlich ist, ehe das Nachbild das Maximum seiner Intensität erreicht, so wird bei diesen Versuchen wesentlich seyn: 1) die *Größe* des farbigen Sectors, 2) die *Rotationsgeschwindigkeit* der ganzen Scheibe. Ich habe mich durch eine größere Versuchsreihe von der Wichtigkeit dieser beiden Factoren überzeugt, und will hier nur die Verschiedenheiten des Effectes berücksichtigen, welche durch verschiedene Größe eines rothen Sectors auf schwarzem Grunde und durch verschiedene Rotationsgeschwindigkeit dieser Scheibe erzielt werden. Leider habe ich die Geschwindigkeit nicht messen, sondern nur ungefähr schätzen können.

a) *Rother Sector* = 270° , *Schwarzer Sector* = 90° . Dreht sich die Scheibe etwa vier Mal in der Sekunde, so erscheint das Roth heller und sehr lebhaft, das Schwarz ist grünlich überzogen. Bei etwa zehnmaliger Umdrehung der Scheibe in der Sekunde erscheint die Scheibe gleichmäßig roth mit hellgrünen Flecken. Bei funfzigmaliger Umdrehung ein dunkleres Roth, ohne grüne Beimischung; bei mehr als hundertmaliger Umdrehung ist die Scheibe fast ebenso roth, als wenn gar kein Schwarz beigemischt wäre.

b) *Rother Sector* = 90° , *Schwarzer Sector* = 270° . Bei etwa viermaliger Umdrehung in der Sekunde erscheint das Roth sehr lebhaft und der Sector verschmälert, das Schwarz zeigt eine grüne Färbung. Bei allmählicher Beschleunigung der Drehung erscheinen mehrere schmale Sektoren in hellem Roth, das Schwarz ist mit einem hellen etwas bläulichen Grün überzogen; bei noch größerer Beschleunigung, etwa 15 bis 20 Umdrehungen in der Sekunde,

leuchten nur hier und da schmale hellrothe Sektoren auf, während die ganze Scheibe grün erscheint. Bei noch schnellerem Drehen überzieht ein rother Schleier die grüne Scheibe, — weiterhin wird der Grund der Scheibe dunkelroth und es erscheinen grünblaue reediäre Streifen und Flecke — endlich bei schnellster Drehung erscheint ein gleichmäßiges Rothbraun.

c) Rother Sector = 30° , Schwarz = 330° .

Die Scheibe erscheint bei etwa 20maliger Umdrehung in der Sekunde grün, fast ohne jede Spur von Roth. Bei sehr gleichmäßiger Drehung mit bestimmter Geschwindigkeit und ruhigem Anschauen der Scheibe erscheint dieselbe durchweg grün, mit einigen bläulichen Flecken.

Die Erklärung für die Verschiedenheit der Erscheinungen bei langsamer und schneller Drehung finde ich in der Entwicklung des Nachbildes oder der subjectiven Erregung. Bei langsamer Rotation tritt die Complementärfarbe auf und giebt dem Schwanz eine grüne Nüance, der Eindruck des Roth dauert aber lange genug um empfunden zu werden; daher rothe schmalere Sektoren auf grüner Scheibe. Bei schnellerer Rotation eines kleineren rothen Sectors gleitet dagegen das Roth so schnell vorüber, daß sein Eindruck nur sehr gering ist; das complementäre Nachbild erhebt sich aber zu einer solchen Intensität, daß es den ganzen schwarzen Sector überzieht, und da dieser 3 oder 11 mal größer ist, als der rothe Sector, den letzteren ganz verdeckt und seinen objectiven Eindruck überwältigt. Wird nun noch schneller gedreht, so gleitet der schwarze Sector zu schnell vorüber, als daß sich das Nachbild vollständig entwickeln könnte; deswegen tritt letzteres zurück, das objective Roth dagegen wieder hervor. Bei schnellster Drehung kann das Nachbild nicht mehr zur Entwicklung kommen, es tritt daher nur ein durch Schwarz verdunkeltes Roth, im Rothbraun auf.

Nehmen wir, um namentlich die Erscheinung zu erklären, daß die schwarze Scheibe mit dem rothen Sector von 30° bei einer gewissen Drehungsgeschwindigkeit grün erscheint,

an, eine ganze Umdrehung dauere 0,1 Sekunde, und das Nachbild von Roth nehme in der ersten hundertstel Sekunde nur wenig, in der zweiten hundertstel Sekunde stärker, in der dritten noch mehr zu und so fort bis zur neunten hundertstel Sekunde; von da an finde aber keine Zunahme sondern nur Abnahme der Intensität des Nachbildes statt; dauert nun das Vorbeigehen des schwarzen Sectors 0,09 Sekunden, so wird während dieser Zeit die Entwicklung des Nachbildes bis zu seinem Maximum gegeben seyn; während dasselbe schon sinkt, würde wieder der objective Eindruck statthaben, dem wiederum die vollständige Entwicklung des Nachbildes folgte und so würde nach mehrmaliger Wiederholung das Nachbild zu solcher Intensität gelangen, daß der rothe Sector nicht mehr seinen ursprünglichen Eindruck machen könnte, sondern *farblos* würde — dann würde also *nur das Nachbild* empfunden werden, die Scheibe mit dem rothen Sector also *grün* erscheinen müssen. Damit in Uebereinstimmung würde es seyn, daß bei langsamerer Rotation das Nachbild von Roth sich zwar auch entwickelt während der schwarze Theil der Scheibe vortübergeht, daß in dieser Zeit aber auch schon die Abnahme des Nachbildes erfolgt; die Scheibe wird also, wo Schwarz ist, grün tingirt seyn, wenn aber der rothe Sector kommt, so ist das Nachbild schon fort und er erscheint daher mit voller Intensität seiner Farbe, nur wegen des Contrastes gegen Schwarz etwas heller nancirt. Bei schnellerer Rotation, z. B. bei einer Umdrehung in 0,01 Sekunde, wird das Nachbild nur den ersten Anfang der Entwicklung machen können, also nicht weiter in Betracht kommen.

Für diese Annahme kann ich Folgendes zur Unterstützung anführen:

a) Bei den Nachbildern, die der elektrische Funke erzeugt, tritt das Maximum der Helligkeit und Farbe nicht unmittelbar nach dem Uberspringen des Funkens auf, sondern das zuerst sehr matte Nachbild wird allmählich bei ruhiger Haltung des Auges heller und intensiver gefärbt, dann nimmt es wieder an Intensität ab.

b) Man kann schwache Nachbilder dadurch sehr verstärken, daß man mehrmals die Augen schließt und während der kurzen Zeit, wo man sie öffnet, immer auf denselben Punkt wiederum richtet; das habe ich schon bei Wiederholung des Brücke'schen Versuches, bei dem man ein positives complementäres Nachbild bekommt, bemerkt. (Brücke, diese Annalen Bd. 84 S. 443 und Moleschott's Untersuchungen Bd. 5 S. 297.) Derselbe gelingt mir und Anderen nach mehrmaligem Schließen der Augen ganz sicher. Dieselbe Verstärkung des Nachbildes muß aber durch die häufige Wiederkehr des rothen Sectors beim Rotiren der Scheibe erfolgen.

c) Wenn man statt die Augen zu schließen eine Scheibe rotiren läßt, an welcher ein Sector ausgeschnitten ist, die übrigen Sektoren aber voll und schwarz sind, und man betrachtet ein rothes Quadrat auf weißem Papier, welches jenseits der Scheibe aufgestellt ist, unverwandt, so daß es von der Scheibe bald verdeckt, bald durch die Oeffnung in derselben wieder sichtbar wird; so sieht man, bei einer gewissen Geschwindigkeit der Rotation, ein hellgrünes Nachbild auf dem rothen Quadrate; das Quadrat wird immer dunkler während der grüne Nebel darüber persistirt. Offenbar entwickelt sich auch hier ein lebhafteres complementäres Nachbild, als wenn man das rothe Quadrat ohne Unterbrechung anschaut.

Im Allgemeinen glaube ich gegen Brücke, welcher den subjectiven Erregungszustand der Retina als eine Gegenwirkung auffaßt, welche nach mechanischen Principien nicht stärker seyn könne als die Wirkung, *meine Auffassung geltend machen zu dürfen, nach welcher die subjective Thätigkeit der erregten Netzhaut ihren besonderen, von ihrem Bau, ihrer Ernährung, ihrem Stoffwechsel usw. bedingten Gang hat, welcher von dem objectiven Eindrücke nur zum Theil abhängig ist.* Will man die mechanistische Anschauungsweise anwenden, so wird man sagen können: die Reaction der Netzhaut verhält sich zu dem primären Eindrücke, wie das Ablaufen einer aufgezogenen Uhr zu dem

Stofse, welcher ihrem Perpendikel ertheilt wird. Brücke sagt (diese Annalen Bd. 84 S. 427): »Nehmen wir nicht an, daß die Reaction absolut stärker sey, als die primäre Einwirkung, sondern geben nur zu, daß sie derselben höchstens gleich sey, so kann auch der Erregungszustand nur dem Grau entsprechen. Nimmt man an, daß die Reaction stärker sey, als die primäre Einwirkung, so entfernt man sich offenbar aus dem Kreise der mechanischen Vorstellungen, welche wir allein benutzen dürfen, um uns ein Schema für den Zusammenhang von Naturerscheinungen zu entwerfen, und wir würden auf diesem Wege direct zu dem Schlusse geführt werden, daß ein mit abwechselnd grün und schwarzen Sektoren bemalter Farbenkreisel bei seiner Bewegung Roth geben müsse, was gewiß noch Niemand gesehen hat.« Da nun mein aus Roth und Schwarz zusammengesetzter Farbenkreisel unter Umständen allerdings Grün giebt, so scheint mir damit Brücke's Auffassung auch experimentell widerlegt zu seyn. Ich führe noch an, daß auch eine Scheibe mit 90° Blau und 270° Weiß bei etwa dreißig Umdrehungen in der Sekunde mir gelb erscheint.

Uebrigens wird es eine besondere Aufgabe der Psychophysik seyn, zu untersuchen, wie sich continuirliche Reize gegen unterbrochene Reize verhalten, ob unterbrochene Reize nicht einen stärkeren Effect oder eine größere subjective Erregung hervorbringen, als continuirlich wirkende Reize? So bringen ein continuirlicher Ton, ein continuirlicher Druck sehr bald Abstumpfung hervor, während ein unterbrochener Ton viel länger gehört und ein häufig wiederkehrender Druck sehr unangenehm empfunden wird.

14. Wir werden nun noch den Gang, welchen die subjective Erregung nach einem Gesichtseindrucke nimmt, zu betrachten haben und zwar in zwei Beziehungen, nach der Zeit und nach dem Raume.

Plateau hat einen Versuch gegeben, in welchem er Oscillationen in dem Erregungszustande der Retina beobachtet hat: »Um die Oscillationen wahrzunehmen, sehe ich mit einem Auge durch eine schwarze, 50 Centimeter lange

und 3 Centimeter weite Röhre, während ich das andere mit einem Taschentuche vollkommen dicht verschliesse, und betrachte anhaltend, wenigstens eine Minute lang, ein rothes Papier in vollem Tageslichte; dann nehme ich, ohne das andere Auge zu entblößen, die Röhre fort und betrachte die weisse Decke des Zimmers. Alsdann sehe ich ein rundes grünes Bild, dem einige Zeit hernach ein rothes Bild folgt, zwar von geringerer Stärke und kürzerer Dauer, aber doch vollkommen sichtbar; darauf erscheint die grüne Farbe wieder, welche kurze Zeit hernach abermals durch ein röthliches Bild ersetzt wird, und so fort drei bis vier Mal, wobei die beiden entgegengesetzten Eindrücke immer schwächer und schwächer werden.« (Diese Ann. Bd. 32 S. 550.) Fechner ist dieser Versuch nicht gelungen, und mir gelingt er auch nicht. Indefs habe ich bei Gelegenheit von Untersuchungen über diese Nachbilder auf den peripherischen Theilen der Netzhaut (Moleschott's Untersuchungen Bd. IV S. 231 ff.) nachgewiesen, dafs dergleichen Oscillationen, bei Ausschluss jeglicher Bewegung der Augen oder des Körpers, doch vorkommen; denn wenn ich eine Reihe schwarzer, rother oder blauer Quadrate auf weissem Grunde im verbreiteten Tageslichte eine halbe Minute lang starr angesehen hatte, und dann das Auge auf schwarzen Sammet wendete, so bemerkte ich, wie die Nachbilder einzelner Quadrate verlöschten, während die übrigen blieben, wie die verloschenen wiederkehrten, noch einmal verlöschten und wiederkehrten und dann ganz verschwanden. Wenn auch hier keine Umkehr zu einem gleichfarbigen Nachbilde stattfand, so war doch keine gleichmäfsige Abnahme der Nachbilder vorhanden, sondern Oscillationen in ihrer Abnahme, deren Curve, um Plateau's Ausdrücken zu folgen, nicht unter die Abscisse sank. Die genaueren Angaben siehe a. a. O. S. 232.

Ferner habe ich eine Spur von Oscillationen beobachtet nach dem directen Anschauen des elektrischen Funkens selbst. Denn nach der positiven Phase der Blendungsbilder erschien ein positives Nachbild, welches immer heller wurde

und schliesslich die Helligkeit des umgebenden Hofes erreichte. Dann habe ich bei Blendungsbildern von hellen Lichtflammen beobachtet, dass dieselben in der rothen Phase ganz allmählich verschwanden, und ebenso allmählich wiederkehrten und zwar in der rothen Phase, darauf erst die blaue Phase vom Rande her eintrat. Ich brauche wohl nicht dazu zu bemerken, dass sich während dieser Beobachtungen in den Helligkeitsverhältnissen meiner Umgebung nichts änderte. Endlich muss ich noch einer eigenthümlichen Erscheinung von Oscillationen gedenken, von der ich unsicher bin, ob sie mit den Nachbildern in einem Zusammenhange steht. Ich habe nämlich dreimal, an drei verschiedenen Tagen, nachdem ich eben den elektrischen Funken durch rothes Glas beobachtet hatte, und einmal, als ich ihn durch grünes Glas gesehen hatte, einen hellen Fleck von röthlicher Farbe in dem sonst dunklen Gesichtsfelde bemerkt, welcher die Grösse eines Handtellers hatte; derselbe fing alsbald an, im Centrum grünlich zu werden und wurde von dort aus allmählich ganz grün, dann wieder vom Centrum aus röthlich, dann wieder grünlich und sofort. Das eine Mal habe ich diesen Wechsel 15mal, ein anderes Mal 10mal erfolgen sehen. Da ich etwas derartiges weder sonst nach dem Betrachten des Funkens, noch auch nach längerem Verweilen im Finstern bemerkt habe, so weiss ich nicht, ob diese Erscheinung als Nachbild zu deuten ist.

Nach meinen Erfahrungen muss ich daher annehmen, dass in vielen Fällen eine ungleichmässige Abnahme der subjectiven Erregung der Netzhaut stattfindet, die sich durch Oscillationen in der Intensität der Nachbilder kund giebt, und dass diese Oscillationen oder Schwankungen nicht immer in Bewegungen des Auges ihre Ursache haben, sondern auch bei völlig ruhig gehaltenen Augen statthaben.

Plateau hat ausserdem auch noch Oscillationen dem Raume nach statuirt, und folgenden Versuch als Belag dafür beigebracht (diese Annalen Bd. 32 S. 551): »Man bringe zwischen Fenster und Auge ein Blatt rothes Papier an und halte in einem gewissen Abstand vor dem Blatt

einen etwa 10 bis 12 Millimeter breiten Streif weißer Pappe. Sind nun die Lagen des rothen Papiers, des weißen Streifens und des Auges zweckmäßig gewählt, so werden die Ränder des weißen Streifens grün erscheinen und der mittlere Theil desselben sich sehr schwach, aber vollkommen sichtlich roth färben. Mithin ist der Eindruck des rothen Papiers, nachdem er sich an den Rändern des Pappstreifens in einen grünen complementären verändert hat, weiterhin wieder in den (positiven) gleichfarbigen rothen Zustand übergegangen. Auch mir gelingt dieser Versuch, der sich indess vielleicht, da gewiß Augenbewegungen mit im Spiele sind, auf das Gesetz des simultanen Contrastes zurückführen läßt. Die grünen Ränder des weißen Streifens sind nichts als das verschobene Nachbild von dem rothen Papier, und induciren durch ihre grüne Färbung einen simultanen Contrast von Roth auf dem übrigen weißen Streifen, wozu die Netzhaut um so mehr geneigt seyn muß, als sie durch das contrastirende Grün schon zu einem rothen Nachbilde disponirt ist. Dafs die durch simultanen Contrast entstandene Färbung complementäre Nachbilder giebt, habe ich schon oben unter 5. (siehe die Tabelle daselbst) bemerkt. Andere Beispiele, die zu einer Annahme von Oscillationen dem Raume nach nöthigten, sind mir nicht bekannt.

Erklärung der Abbildungen Taf. II.

Fig. 14. Apparat zum indirecten Sehen des elektrischen Funkens. Auf dem Tische befindet sich eine Kreistheilung; über dem Centrum des Kreises in α das Auge, indem das Gesicht an dem Schirme a liegt; b , Flasche mit einem Streichhölzchen, welches fixirt wird; f , Riefs'sche Flasche.

Fig. 15. Apparat zur Beobachtung der Nachbilder von Objecten, die durch den elektrischen Funken beleuchtet werden. Ueber dem Brette A in a befindet sich das Auge nach c gerichtet. ff , der an dem Brett im Halbkreise befestigte Pappstreifen, welcher als „Grund“ dient; bbb , der farbige Papierstreifen mit den schwarzen oder weißen Quadraten $cc'e'$, von denen c fixirt wird.

Breslau den 16. April 1862.

III. *Ermittelung des Eigengewichts fester Körper durch Schweben;* *von F. G. Schaffgotsch.*

Die Bestimmung des Eigengewichts oder specifischen Gewichts wird im Allgemeinen desto unsicherer, je größer dasselbe und je kleiner die angewandte Menge ist. Diefs zeigen in aller Kürze folgende drei Beispiele, deren zwei erste der Wirklichkeit entnommen sind, während das dritte ein blofs gedachtes ist.

1. Meergrüner Beryll, geschliffen.

$l = 0,5175$	0,5165	0,5185
$w = 0,3274$	0,3284	0,3264
$v = 0,1901$	0,1881	0,1921
$e = 2,722$	2,746	2,699

2. Violblauer Glasfluß, geschliffen.

$l = 0,2096$	0,2086	0,2106
$w = 0,1505$	0,1515	0,1495
$v = 0,0591$	0,0571	0,0611
$e = 3,547$	3,653	3,447

3. Legirung von Gold und Platin.

$l = 0,1000$	0,0990	0,1010
$w = 0,0950$	0,0960	0,0940
$v = 0,0050$	0,0030	0,0070
$e = 20,000$	33,000	14,429

l bezeichnet das in der Luft und w das im Wasser gefundene Gewicht nach Grammen, v den Unterschied beider und e das Eigengewicht, bezogen auf Wasser vom Wärme-grad des Versuchs. Dieselben Buchstaben gelten auch für die Folge, dagegen soll E stets ein auf Wasser von $17\frac{1}{2}^{\circ}$ bezogenes Eigengewicht bedeuten.

1) Hier und durchgängig nach Celsius.

Die erste senkrechte Reihe enthält die Zahlen des Versuchs, die zweite und dritte diejenigen, welche an deren Stelle treten, wenn l um 1 Milligramm vermindert oder vermehrt, w bezüglich um ebensoviel vermehrt oder vermindert wird.

Für Körper von geringem Eigengewicht giebt es nun ein einfaches Mittel, den schädlichen Einfluss der Kleinheit des absoluten Gewichts zu bekämpfen, darin bestehend, dass man dieselben in einer durchsichtigen Flüssigkeit von gleicher aber noch unbekannter Dichtigkeit zum Schweben bringt und dann das Eigengewicht dieser Flüssigkeit auf irgend eine Weise bestimmt. Die Gewichtsmenge des Körpers kann hiebei ganz unbekannt bleiben und kommt nur in sofern in Betracht, als kleine Stücke unter übrigens gleichen Umständen eine verhältnissmässig grössere Oberfläche besitzen und deshalb in der Flüssigkeit wegen stärkeren Widerstandes langsamer steigen und sinken als grosse, wodurch allerdings der Versuch schwierig und bei sehr kleinen Stücken unmöglich werden muss. Dass man gleichwohl unter 1 Decigramm, ja sogar unter 1 Centigramm hinabgehen könne, erweisen die bald aufzuführenden Ergebnisse, welchen, wie ich hoffe, Männer der Wissenschaft und des Gewerbes, namentlich Mineralogen und Juweliere wohl einigen Werth beilegen dürften.

Ich schicke zwei Beispiele voran, in denen die angewandte Menge 1 Decigramm übersteigt, lasse als Beispiele für eine dies Gewicht nicht erreichende Menge funfzehn Hauptversuche folgen, angestellt mit ebenso vielen verschiedenen Stoffen, und stelle schliesslich zu besserer Uebersicht die Ergebnisse der funfzehn Hauptversuche in einer Tafel zusammen.

$A; l > 0,1$.

I. Der obgedachte Beryll, dessen e bei $16\frac{1}{4}^{\circ} = 2,722$ und $E = 2,723$, wurde in eine Auflösung von saurem salpetersaurem Quecksilberoxyd ¹⁾ gebracht, welche in einem 40 Grm. Wasser fassenden sogenannten Stehcylinder be-

1) Gmelin's Handb. d. Chem. 5. Aufl. Bd. III, S. 532.

findlich war und bei einem $E = 2,9$ den Stein trug. Nach allmählichem Zusatz verdünnter Salpetersäure bis zum langsamen Sinken des Aquamarins wurde durch einen damit benetzten Glasstab soviel Quecksilberlösung beigelegt, daß der Stein gerade schweben blieb. In diesem Augenblick war auch die Wärme der Flüssigkeit, welche anfänglich etwas unter $17\frac{1}{2}^{\circ}$ betragen hatte, durch Umsassen des Cylinders mit der Hand auf diesen Grad gebracht. Als Rührstab diente ein Thermometer und das Umrühren wurde so lange fortgesetzt, bis die Flüssigkeit beim Hindurchsehen keine ungleichlichtbrechenden Streifen oder Schlieren mehr zeigte. Ganz ähnlich war das Verfahren bei allen folgenden Versuchen. Auch die Dichtigkeitsmessung der gemischten Flüssigkeit geschah durchweg mit Ausnahme des nächstfolgenden Versuchs und zweier Nebenversuche unter *B. V. b.* auf eine und dieselbe Weise, nämlich mit einer trocknen tarirten Vollpipette von $\frac{1}{4}$ Quadratmillimeter Mündung und kurzem Schnabel, welche bis zum Strich $5^{mm},0065$ Wasser von $17\frac{1}{2}^{\circ}$ faßte und sich in ein fest anschließendes mit ihr zusammen tarirtes Reagensrohr schieben liefs. In diesem Rohr wurde die Pipette, nachdem das Flüssigkeitsgemisch bis zum Strich emporgesogen und sie äußerlich mit Seidenpapierbüschchen ohne Erwärmung genau abgetrocknet worden, auf die Waage gebracht, wo sie, von einem über die Hängedrähte gestreiften mittarirten Kautschukring gehalten, ganz sicher aufrecht stand. Die Reinigung der beiden zusammengehörigen Glasgefäße gelang sehr schnell durch Ausspülen, Auswischen und Hindurchsaugen warmer Luft.

Weil die verschiedenen Schwebeflüssigkeiten am Glase anders haften als Wasser, so erhält man falsche Zahlen, wenn man nicht die aufgenommene, sondern die aus einer naß geachteten Pipette *ausfließende* Menge wägt. So liefs eine Mohr'sche 10 CC.-Pipette, von drei Flüssigkeiten deren $E = 2,698$, $= 2,655$ und $= 2,480$ war, ausfließen: 26,6890 Grm., 26,3252 Grm. und 24,6366 Grm.

Für gewerbliche Zwecke möchte sich die Anwendung

schieklich eingerichteter Senkspindeln ohne Gewichte am meisten empfehlen, sehr oft wird es aber gar nicht darauf ankommen, das Eigengewicht durch eine bestimmte Zahl auszudrücken, sondern nur auf schnelle und sichere Scheidung und Unterscheidung von Edelsteinen. Es würden z. B. 50 kleine Chrysoberylle von $E = 3,72$, untermengt mit 50 kleinen gelben Beryllen von $E = 2,69$, wenn man sie in eine Flüssigkeit von $E = 3$ brächte, zu Boden fallen, die Begleiter hingegen obenauf schwimmen. In derselben Flüssigkeit würde ein röthlicher Amethyst von $E = 2,65$ oben bleiben, ein gebrannter Topas von ähnlicher Farbe und $E = 3,55$ aber untergehen u. dergl. m.

Im vorliegenden, den Aquamarin betreffenden Falle nun fasste die oben beschriebene tarirte Pipette, deren Inhalt nach Grammen in der Folge stets mit p bezeichnet ist, 13,5618 Grm., welche Zahl, durch 5,0065 getheilt, sogleich für den Edelstein $E = 2,709$ ergibt.

II. Eine weiße Glasscherbe giebt $l = 1,9172$; $w = 1,1433$ bei $18\frac{3}{4}^{\circ}$; $v = 0,7739$; $e = 2,4773$; $E = 2,477$.

Ein Stückchen der Scherbe, 0,3687 Grm. schwer, wird in Quecksilberlösung bei $17\frac{1}{2}^{\circ}$ zum Schweben gebracht. Ein hydrostatisches Thermometerchen, an haarfeinem Platindraht hängend und an der Kugel mit dickem Platindraht beschwert, verliert in derselben Lösung 7,8578 Grm., in gleich warmem Wasser nur 3,1688 Grm. Die erste Zahl durch die zweite getheilt giebt $E = 2,480$.

B ; $l < 0,1$.

I. Paraffin, farb- und geruchlos. Erstarrungspunkt: 46° .

a) Altes Verfahren.

1. Ohne besondere Vorsicht geschmolzen und erkaltet gab das Paraffin $E = 0,856$ und $= 0,874$.

2. Ein in Stanniol gegossener flacher Kuchen, nicht ganz frei von Rissen und Luftblasen gab $l = 13,1774$; $w = -1,5700$ bei $19^{\circ}8$; $v = 14,7474$; $e = 0,8935$; $E = 0,893$.

3. Ein walzenförmig in Stanniol gegossener Klumpen war bis über die halbe Höhe hinab hohl, das glatt abgeschnittene unterste Fünftel, welches zur Wägung diente, etwas rissig. $l = 1,2232$; $w = -0,1510$ bei 19° ; $v = 1,3742$; $e = 0,8901$; $E = 0,890$. In Wasser untergetaucht und unter die Glocke der Luftpumpe gebracht giebt es unveränderlich $w = -0,1352$ bei $20\frac{1}{2}^\circ$; $v = 1,3584$; $e = 0,9005$; $E = 0,900$.

b) Neues Verfahren.

Ein Abschnitzel wurde in verdünntem Weingeist zum Schweben gebracht. $l = 0,0980$; $p = 4,5060$; $E = 0,900$. Zu den beiden folgenden Versuchen dienten gleichfalls Mischungen von Weingeist mit Wasser.

II. Kautschuk, gemeines Wischgummi.

a) Altes Verfahren.

Parallelepipedisches Stück. $l = 14,8315$; $w = -1,2107$ bei 19° ; $v = 16,0422$; $e = 0,9245$; $E = 0,924$.

b) Neues Verfahren.

Abschnitzel des Stückes. $l = 0,0958$; $p = 4,6157$; $E = 0,922$.

III. Gutta Percha, dünn ausgewalzte Platte.

a. Altes Verfahren.

1. Streifen von ungefähr 100 Quadratcentim. einseitiger Oberfläche. $l = 1,8220$; $w = -0,0677$ bei 20° ; $v = 1,8897$; $e = 0,9642$; $E = 0,9637$.

2. Ähnlicher Streifen. $l = 1,7314$; $w = -0,0702$ bei 20° ; $v = 1,8016$; $e = 0,9610$; $E = 0,9606$.

Im Mittel: $E = 0,962$.

b. Neues Verfahren.

Abschnitzel der Platte. $l = 0,0288$; $p = 4,8490$; $E = 0,969$.

IV. Citronengelber, durchsichtiger Bernstein, halbkugelförmiges Stück.

a. Altes Verfahren.

$l = 2,4372$; $w = 0,1805$ bei $16\frac{1}{2}^\circ$; $v = 2,2567$; $e = 1,0800$; $E = 1,080$.

b. Neues Verfahren.

Ein Splitter des Bernsteinstückes schwebte in verdünnter Salpetersäure. $l = 0,0059$; $p = 5,4210$; $E = 1,083$.

V. *Muschelige Braunkohle*, Gagat des Handels, pechschwarz, von braunem Strich.

a. Altes Verfahren.

Bruchstück eines rohgeschnitzten Ringes. $l = 2,3104$; $w = 0,3435$ bei 16° ; $v = 1,9669$; $e = 1,1746$; $E = 1,175$.

b. Neues Verfahren.

Splitter des Ringes, bei $17\frac{1}{2}^\circ$ schwebend in einer Mischung von 30 Maafstheilen *acidum nitricum* der preussischen Pharmacopöe und 4,5 Maafstheilen Wasser, welche letztere 4,5 Gramm wiegen; $l = 0,0190$; $p = 5,8950$; $E = 1,177$. Dieses Eigengewicht wurde auf doppelte Weise bestätigt.

Das früher erwähnte Thermometerchen, jetzt ohne Belastung, verlor in der Mischung 3,3813 Grm., in Wasser von $17\frac{1}{2}^\circ$ 2,8721 Grm., woraus $E = 1,77$ folgt.

Die unverdünnte Salpetersäure entzog bei $17\frac{1}{2}^\circ$ dem Gewicht des darin hängenden Thermometers 3,4523 Grm., hat also $E = 1,202$, sodafs jene 30 Maafstheile 36,06 Grm. wiegen; darin sind aber nach Ure's allerdings für $15\frac{5}{9}^\circ$ gültiger Tafel 10,0528 Grm. wasserfreie Säure, ebensoviel nothwendigerweise in jenen 40,56 Grm. verdünnter Säure, woraus sich für diese Säure 24,785 Proc. wasserfreie berechnen, entsprechend nach Ure dem Eigengewicht 1,178. Als Schwebeflüssigkeit wäre beim Gagat und beim Bernstein, Kochsalzlösung anwendbar gewesen.

VI. *Feines rothes Siegelack*.

a) Altes Verfahren.

Bruchstück einer Stange. $l = 1,9050$; $w = 0,8286$ bei $16,8^\circ$; $v = 1,0764$; $e = 1,7698$; $E = 1,770$.

b) Neues Verfahren.

Bruchstück des Bruchstücks. $l = 0,0772$; $p = 8,8506$; $E = 1,768$. Als Schwebeflüssigkeit diente zu diesem wie zu allen folgenden Versuchen eine nach Bedürfnis mehr oder weniger verdünnte Quecksilberlösung der unter A. I. gedachten Art. Starke Verdünnung mufs nicht durch Was-

ser geschehen, weil es basisches Salz fällt, sondern durch Salpetersäure, was auch beim Ausspülen der Gefäße zu berücksichtigen ist. Die Verdünnung ist von Zusammenziehung begleitet.

Ein Theil Quecksilberoxyd giebt, in 2,7 Theilen *acidum nitricum* kalt gelöst, eine wasserhelle starklichtbrechende Flüssigkeit von $E = 1,6$, welche durch Abdampfen bis auf $E > 3,5$ gebracht werden kann und Topas trägt, dann aber bei Stubenwärme leicht zu einem Krystallbrei erstarrt. Zur Aufbewahrung größerer Mengen eignet sich Lösung von $E = 3,3$ bis 3,4 besser. Durch geringes Eindampfen lassen sich aus ihr jederzeit Antheile von höherem E leicht darstellen.

Um 100 Cubikcentimeter solcher Lösung zu gewinnen schüttle man in einer geräumigen Flasche 200 Grm. Quecksilberoxyd mit 450 Cubikcentimetern *acid. nitr.* bis die sich einstellende Erwärmung vorübergegangen, filtrire und dampfe das etwas über 450 Cubikcentimeter ausmachende Filtrat rasch ab, ohne zu kochen. Ein Stückchen Olivin von Turnau in Böhmen muß auf der kalten Flüssigkeit schwimmen; da sein $E = 3,34$, so hat man nur allmählich bis zum Sinken des Steines zu verdünnen, um der Lösung ein Eigengewicht zwischen 3,3 und 3,4 zu geben. Dieselbe darf nicht mit pflanzlichen oder thierischen Stoffen in Berührung kommen, welche sie bräunen, auch nicht an der Luft stehen bleiben, weil sie dann Wasser anzieht.

VII. Stangenschwefel.

a) Altes Verfahren.

Bruchstück aus dem äußeren Theile einer Stange. $l = 1,8082$; $w = 0,9058$ bei $16\frac{1}{2}^{\circ}$; $v = 0,9024$; $e = 2,0038$; $E = 2,004$

b) Neues Verfahren.

Theilchen des Bruchstücks. $l = 0,0707$; $p = 10,0263$; $E = 2,003$.

VIII. Hyalith (Opal) von Walsch.

a) Altes Verfahren.

Ausgesuchtes Stück. $l = 2,6366$; $w = 1,4209$ bei $16\frac{1}{2}^{\circ}$;

$v = 1,2157$; $e = 2,1688$; $E = 2,169$. Ich gebe dieser Bestimmung unbedenklich vor den früher von mir in diesen Annalen (LXVIII., 157) bekannt gemachten, wonach $E = 2,155$ und $= 2,162$, schon deshalb den Vorzug, weil ich jetzt nicht das die Empfindlichkeit der Waage sehr beeinträchtigende Uhrglas anwandte.

b) Neues Verfahren.

$l = 0,0801$; $p = 10,8493$; $E = 2,167$.

Beim Hyalith und den vier vorhergehenden Körpern hätte auch eine gesättigte Lösung von Sublimat in stärkstem Salzwasser als Schwebeflüssigkeit dienen können ¹⁾. Ich fand ihr $E = 2,34$.

IX. Glas.

a) Altes Verfahren.

$E = 2,477$, wie unter A. II. angeführt.

b) Neues Verfahren.

Splitter der Glasscherbe. $l = 0,0936$; $p = 12,4090$; $E = 2,479$.

X. Quarz.

a) Altes Verfahren.

Geschliffenes Petschaft, lichtrauchgrau, völlig durchsichtig, $l = 84,0490$; $w = 52,3840$ bei 17° ; $v = 31,6650$; $e = 2,6543$; $E = 2,655$.

b) Neues Verfahren.

Wasserheller Splitter. $l = 0,0233$; $p = 13,2737$; $E = 2,651$.

XI. Beryll.

Dieses Mineral zeigt Schwankungen des Eigengewichts, welche mit kleinen Verschiedenheiten der Mischung zusammenhängen müssen und keineswegs aus dem hier so häufigen Vorkommen von Sprüngen erklärt werden können.

a) Altes Verfahren.

1. Grasgrüne überschlossene Krystalsäule von edlem Beryll, durchweg rissig. $l = 66,1134$; $w = 41,4940$ bei $17,3^\circ$; $v = 24,6194$; $e = 2,6854$; $E = 2,686$.

1) Gmelin, a. a. O. 560.

= 2. Smaragd, Schmuckstein voller Risse. $l = 2,6145$; $w = 1,6432$ bei $20\frac{1}{2}^{\circ}$; $v = 0,9713$; $e = 2,6918$; $E = 2,690$.

3. Gelber (spargelgrüner) fehlerfreier Schmuckstein. $l = 1,8114$; $w = 1,1385$ bei $14,3^{\circ}$; $v = 0,6729$; $e = 2,6919$; $E = 2,693$.

4. Smaragd, Schmuckstein, nicht ganz fehlerfrei. $l = 0,8250$; $w = 0,5192$ bei 21° ; $v = 0,3058$; $e = 2,6978$; $E = 2,696$.

= 5. Grünlichweiße, durchscheinende, starkglänzende Kry-
stallsäule von gemeinem Beryll, wahrscheinlich aus Baiern.
 $l = 5,3128$; $w = 3,3434$ bei 16° ; $v = 1,9694$; $e = 2,6977$;
 $E = 2,698$.

Hierzu kommt endlich der Aquamarin von A. I., als
Schmuckstein ebenso fehlerfrei wie der gelbe, kürzlich er-
wähnte, doch offenbar dichter.

b) Neues Verfahren.

1. Gemeiner Beryll des Versuchs B. XI. a. 5. $l = 0,0220$; $p = 13,4685$; $E = 2,690$.

2. Smaragd, Schmuckstein mit einem kleinen Fehler;
 $l = 0,0089$; $p = 13,5725$; $E = 2,711$.

Die für die drei Smaragde gefundenen Zahlen sind nicht
unter sich vergleichbar, da die Gleichheit des Fundortes
nicht nachzuweisen ist.

XII. Phenakit vom Ural.

a) Altes Verfahren.

$E = 2,969$, von Nordenskjöld¹⁾ an ausgewählten klei-
nen Stücken bestimmt. l und w nicht angegeben. Die eben-
falls nicht bezeichnete Temperatur darf zu $17\frac{1}{2}^{\circ}$ angenom-
men werden.

b) Neues Verfahren.

Kleines Bruchstück eines 4 Centimeter langen und 2
Centimeter dicken, in Glimmerschiefer eingewachsenen Kry-
stalls. $l = 0,0025$; $p = 14,8219$; $E = 2,961$.

XIII. Weißer Flußspath von Altenberg.

a) Altes Verfahren.

1. Rissiges Spaltungsstück, nach der Wägung in Was-

1) Diese Annalen XXXI 59.

ser gelegt und anhaltend mit der Luftpumpe behandelt. $l = 11,3854$; $w = 7,7846$ bei $15,3^\circ$; $b = 3,6008$; $e = 3,1619$; $E = 3,163$.

2. Fünfzehn Stückchen, rissig und deshalb mit Wasser ausgekocht. $l = 7,3592$; $w = 5,0345$ bei $14,7^\circ$; $v = 2,3247$; $e = 3,1657$; $E = 3,167$.

b) Neues Verfahren.

Der Stein wird von der Quecksilberlösung in der Kälte nicht merklich angegriffen. $l = 0,0577$; $p = 15,8457$; $E = 3,165$.

XIV. Chrysolith (Olivin) aus Böhmen.

a) Altes Verfahren.

Neun Stückchen. $l = 2,4724$; $w = 1,7325$ bei $16,2^\circ$; $v = 0,7399$; $e = 3,3415$; $E = 3,342$.

b) Neues Verfahren.

Ein Stückchen. $l = 0,0823$; $p = 16,7383$; $E = 3,343$.

XV. Diamant.

a) Altes Verfahren.

Der allbekannte Regent oder Pitt. Nach Brisson ¹⁾. $l = 28,1010$; $w = 20,1205$ bei $17\frac{1}{2}^\circ$; $v = 7,9805$; $e = E = 3,521$.

b) Neues Verfahren.

Granatoëder, braungefleckt. $l = 0,0383$; $p = 17,6982$; $E = 3,535$.

C. Tafel der gefundenen Eigengewichte.

		<i>a</i>	<i>b</i>
I.	Paraffin	0,900	0,900
II.	Kautschuk	0,924	0,922
III.	Gutta Percha	0,962	0,969
IV.	Bernstein	1,080	1,083
V.	Gagat	1,175	1,177
VI.	Siegellack	1,770	1,768
VII.	Schwefel	2,004	2,003
VIII.	Hyalith	2,169	2,167
IX.	Glas	2,477	2,479

1) *Pesanteur spécifique des corps par M. Brisson, Paris 1787 S. 62.*

X.	Quarz	2,655	2,651
XL.	Beryll	2,698	2,691
XII.	Phenakit	2,969	2,961
XIII.	Flusspath	3,167	3,165
XIV.	Chrysolith	3,342	3,343
XV.	Diamant	3,521	3,535

Berlin den 8. Juni 1862.

IV. Ueber die Strahlung und Absorption der Wärme durch gasförmige Materie; von J. Tyndall.

(Schluss von S. 72.)

§. 8.

Ueber dynamische Strahlung und Absorption.

Die Wärmequelle sowohl als der Compensationswürfel wurden entfernt, und die thermoelektrische Säule wurde dem einen Ende der Versuchsröhre gegenüber gestellt. Es liefs sich leicht einrichten, dafs die kleinen Ungleichheiten in den Strahlungen, welche auf die beiden Flächen der Säule fallen und von Temperatur-Verschiedenheiten in den verschiedenen Theilen des Laboratoriums herrühren, ausgeglichen wurden und die Galvanometernadel auf 0 stand. Die Dämpfe wurden auf die schon beschriebene Weise zugelassen, bis eine Spannung von 0,5 Zoll erreicht war. Dann liefs ich die Luft, welche durch eine Trockenröhre gegangen war, durch eine Oeffnung von constanter Gröfse einströmen. Zwischen der Trockenröhre und der Versuchsröhre waren nämlich zwei Hähne angebracht, von denen der eine immer halb offen gelassen wurde und das Maafs

(gauge) für die Zulassung der Luft bildete. Wenn die Röhre ausgepumpt wurde, war der zweite Hahn ganz geschlossen. Wenn die Röhre gefüllt werden sollte, wurde derselbe Hahn vollständig geöffnet; der Maafshahn wurde dagegen während der ganzen Versuchsreihe nie berührt.

Ehe jedoch die Versuchsmethode auf die angegebene Weise genau festgestellt war, gaben mir einige vorläufige Versuche die folgenden Resultate.

Stickoxydul lenkte beim Einströmen in die Röhre die Nadel in einer Richtung ab, welche eine Erwärmung des Gases anzeigte; ihr Ausschlag betrug 28° , und sie sank dann langsam wieder auf Null.

Nun wurde die Luftpumpe in Thätigkeit gesetzt; das Fortdrängen der ersten Theile des Gases aus der Röhre war so viel Arbeit, geleistet von dem Rest des Gases. Dieser Rest kühlte sich also ab; die ihm zugewandte Seite der Säule strahlte ihre Wärme in das Gas aus und ein Ausschlag der Nadel bis zu 20° auf der negativen Seite war die Folge.

Oelbildendes Gas zeigte unter ähnlichen Verhältnissen beim Einströmen einen Ausschlag von 67° , der von Strahlung —, und beim Auspumpen einen Ausschlag von 41° , der von Absorption herrührte.

Nachdem das Gas ausgepumpt war, und ohne eine frische Quantität desselben zuzulassen, wurde trockne Luft einströmen gelassen; der Ausschlag, der von der dynamischen Strahlung des zurückgebliebenen Theils (von 0,2 Zoll Spannung) herrührt, betrug 59° .

Wenn ich *sehr rasch* auspumpte, so gab die dynamische Absorption einen Ausschlag von beinahe 40° .

Etwas Aetherdampf wurde in die Röhre gebracht; beim Zutritt von trockner Luft schwang die Nadel von 0° bis 61° ; beim Auspumpen gab sie einen Ausschlag von 40° auf der entgegengesetzten Seite.

Diese und andere Versuche, welche — ich gestehe es — mich außerordentlich erfreuten, zeigen, dafs ohne eine

Wärmequelle außerhalb des gasförmigen Körpers selbst, seine Strahlung und Absorption mit äußerster Genauigkeit bestimmt, und die Wechselbeziehung zwischen beiden Erscheinungen aufs Schlagendste anschaulich gemacht werden kann. Ich hatte mich in der That gerade um diese Zeit mit der Construction eines complicirten Apparates beschäftigt für die Untersuchung der Strahlung der Gase, in der Absicht, dieselbe mit ihrer Absorption zu vergleichen; aber kein derartiger Apparat würde mir Resultate gegeben haben, die sich an Genauigkeit mit denjenigen messen konnten, welche mir die Entdeckung der dynamischen Strahlung und Absorption an die Hand gab. Die folgende Tabelle ist das Ergebniss einer Reihe von Versuchen in Bezug auf diesen Gegenstand. Der Dampf strömte in jedem Falle so lange ein, bis die Quecksilbersäule einen halben Zoll gefallen war; darauf wurde trockne Luft eingelassen.

Dynamische Strahlung und Absorption
der Dämpfe.

	Strahlung.	Absorption.
Schwefelkohlenstoff	14°	6°
Iodmethyl	19 ,5	8
Benzol	30	14
Iodäthyl	34	15 ,5
Methylalkohol	36	—
Chloramyl	41	23
Amylen	48	—
Alkohol	50	27 ,5
Schwefeläther	64	34
Ameisensäure	68 ,5	38
Essigäther	70	43

Die paradoxe Aufgabe, die ich angedeutet, ist hiermit gelöst, und es ergibt sich die Erklärung der außerordentlichen Wirkung, die sich beim Alkohol- und Aetherdampfe zeigte, wenn trockne Luft in die Versuchsröhre strömte. Ferner gehen dynamische Strahlung und dynamische Absorption Hand in Hand, und wenn wir beide mit einer

früheren Tabelle vergleichen, so werden wir finden, daß die Reihenfolge der Substanzen in beiden Fällen genau dieselbe ist, obwohl die eine Reihe von Resultaten mit einer außerhalb des gasförmigen Körpers befindlichen Wärmequelle, die andere mit einer Quelle der Erwärmung und Abkühlung innerhalb des Körpers selbst erhalten wurden.

Ich konnte nicht gut einen halben Zoll meines am stärksten wirkenden Dampfes, des Borsäure-Aethers erhalten; aber $\frac{1}{10}$ Zoll davon, in die Röhre gelassen und dann dynamisch erwärmt und abgekühlt gab:

Strahlung.	Absorption.
56°	28°

Wenn man sieht, mit welcher erstaunlichen Kraft einige dieser Dämpfe die strahlende Wärme absorbiren, so könnte man fragen, wie weit man die Quantität der absorbirenden Materie verringern kann, ehe ihre Wirkung unmerkbar wird? Für jetzt will ich nicht wagen, diese Frage vollständig zu beantworten; jedenfalls würde es sich um Milliontheile unserer geringsten Gewichte handeln. Aber ich will der Gesellschaft über einen Versuch berichten, dessen Resultat kaum anders als das größte Erstaunen erregen kann.

Nachdem die Versuchsröhre luftleer gemacht war, wurde $\frac{1}{10}$ Zoll Borsäureäther-Dampf eingelassen; das Barometer stand auf 30 Zoll; die Spannung des Aetherdampfes in der Röhre betrug also $\frac{1}{300}$ Atmosphäre.

Erwärmte man den Dampf dynamisch durch trockne Luft, so erzeugte seine Strahlung eine Ablenkung von 56°. Die Röhre wurde nun ausgepumpt bis zu 0,2 Zoll, und die Quantität des Dampfes dadurch auf $\frac{1}{110}$ ihres ersten Betrags reducirt; ich liefs die Nadel auf Null zurückgehen, und der noch übrige Aether wurde wie zuvor dynamisch erwärmt. Der Ausschlag betrug jetzt 42°.

Die Pumpe wurde nun wieder in Thätigkeit gesetzt bis ein Vacuum von 0,2 Zoll erhalten war; der jetzt noch vorhandene Rest enthielt natürlich nur den $\frac{1}{130}$ Theil der Quantität, welche in dem letzten Rest vorhanden war. Als

er dynamisch erwärmt wurde, gab er einen Ausschlag von 20°).

Nach zweimaligem weiterem Abspumpen und darauf folgender mechanischer Erwärmung erhielt ich Ablenkungen von 14° und 10° respective.

Setzen wir in einer Tabelle jede Ablenkung der Dampfspannung gegenüber, welche sie hervorgebracht, so erhalten wir die folgende Anschauung von dem Versuche:

Spannung in Theilen einer Atmosphäre.	Ablenkung.
$\frac{1}{300}$	56°
$\frac{1}{150} \times \frac{1}{300} = \frac{1}{45000}$	42°
$\frac{1}{150} \times \frac{1}{150} \times \frac{1}{300} = \frac{1}{6750000}$	20°
$\frac{1}{150} \times \frac{1}{150} \times \frac{1}{150} \times \frac{1}{300} = \frac{1}{1012500000}$	14°

Die Luft selbst, welche die Steinsalzplatte an der Säule etwas erwärmt, erzeugt eine schwache Ablenkung von 6 bis 7° . Ich habe absichtlich die Ablenkung von 10° ausgelassen, um zu zeigen, daß die Wirkung beim Schluss des Versuches noch im Abnehmen begriffen war, und die constante Wirkung der Luft selbst noch nicht erreicht hatte. Ich lasse daher zwei Nullen in dem Nenner des obigen Bruchs weg, die sehr wohl darin hätten erscheinen dürfen. Das obige Resultat ist immerhin merkwürdig genug; es zeigt, daß die Strahlung einer Dampfmenge, welche in der Röhre die Spannung von einem Tausendmillionstel einer Atmosphäre noch nicht erreicht, vollkommen meßbar ist. Man wird sich ebenso erinnern, daß die Temperatur, welche dieser verschwindenden Quantität von Materie mitgetheilt wird, $0^{\circ},75$ C. nicht übersteigt.

- 1) Dieß bleibt sicher hinter der Wahrheit zurück, da mein Assistent aus Versehen drei oder vier Stöße mit der Luftpumpe that, während die trockne Luft nicht abgeschlossen war, wodurch ein Theil des Dampfes entfernt wurde, welcher bei diesem Stadium des Versuchs hätte gegenwärtig seyn sollen.

Diese Versuche, welche ich bei einer späteren Gelegenheit weiter auszuführen gedenke, scheinen uns neue Ideen über die Natur und die Fähigkeiten der Materie zu geben. Ein Platindraht, den man in einem Vacuum durch einen elektrischen Strom weisßglühend macht, wird verhältnißmäßig kalt in einer Sekunde nach Unterbrechung des Stromes; und doch war in diesem Drahte im Zustande der Glühhitze eine ungeheure Menge mechanischer Kraft aufgehäuft. Was ist aus dieser geworden? Sie ist weggeführt worden durch eine Substanz von solcher Dünne, daß ihre Existenz selbst für immer eine Hypothese bleiben muß. Aber hier haben wir Materie, die wir wiegen, messen, schmecken und riechen, und die wir zu einer solchen Dünne reduciren können, von der, wenn sie auch in Zahlen ausdrückbar ist, die Einbildungskraft sich keinen Begriff mehr machen kann. Dennoch sehen wir sie befähigt, Kräfte außer Wirksamkeit oder in Thätigkeit zu versetzen, die im Vergleich mit ihrer eigenen Masse fast unendlich zu nennen sind, indem ein kleiner Bruchtheil einer solchen Kraft fähig ist, die Doppelnadel des Galvanometers durch beträchtliche Bogen der Theilung zu bewegen. Wenn wir gewöhnliche ponderable Materie solche Wirkungen erzeugen sehen, so haben wir weniger Schwierigkeit, den Lichtäther mit jenen mechanischen Eigenschaften zu bekleiden, die schon lange das Interesse und Erstaunen aller derjenigen erregt haben, welche über die Undulationstheorie des Lichtes nachdachten.

Bei den vorigen Versuchen bediente ich mich der trocknen Luft um die Dämpfe zu erwärmen; aber ähnliche Verschiedenheiten könnten die Gase auch darbieten, wenn sie sich durch ihre eigene dynamische Action erwärmen. Daß dem wirklich so ist, zeigen die folgenden Versuche:

Dynamische Strahlung der Gase.

Luft	7°
Sauerstoff	7
Wasserstoff	7

diejenigen des Gases, insofern die Spannung des letzteren 60mal so groß ist, als die des ersteren. Der Strahlung der entfernten Aethertheilchen gegen die Säule ist also ein weiteres Thor gelassen, als denjenigen des ölbildenden Gases. Ja beim Dampf könnte die ganze Länge der gasförmigen Materie zur Strahlung beitragen, beim Gase nur ein Theil. Schneiden wir den nicht wirksamen Theil der Gassäule ab, so vermindern wir ihre Wirkung nicht; schneiden wir aber eine gleiche Länge der Dampfsäule ab, so können wir ihre Wirkung wesentlich verringern. Allgemein gesprochen, wenn wir die Aethersäule und die des Gases um dieselbe Länge verkürzen, so wird sich die Verringerung der Ausstrahlung am bemerkbarsten in dem Falle machen, wo die strahlenden Punkte am weitesten auseinander liegen. In einer langen Röhre können deshalb die Dämpfe im Betrage ihrer Ausstrahlung die Gase übertreffen, während in einer kurzen Röhre das Gas den Dampf übertreffen kann. Diese Schlussfolgerung *a priori* scheint vollkommen streng zu seyn, und wird durch das Experiment vollständig bestätigt.

Die dynamische Strahlung der folgenden vier Substanzen hat sich ergeben als:

Schwefeläther	64°
Ameisenäther	68°,5
Essigäther	70°
Ölbildendes Gas	63°

Die Wirkung des ölbildenden Gases war entschieden am kleinsten. Die Länge der strahlenden Säule war in diesen Fällen 2 Fuß 9 Zoll.

Versuche derselben Art wurden nun gemacht in einer Röhre von 3 Zoll Länge, oder etwas mehr als $\frac{1}{12}$ der vorigen Länge; es ergaben sich die folgenden Resultate:

Schwefeläther	11°
Ameisenäther	12
Essigäther	15
Ölbildendes Gas	39

Somit ist bewiesen, daß in einer langen Röhre die dynamische Strahlung der Dämpfe diejenige des ölbildenden Gases, in einer kurzen Röhre dagegen die dynamische Strahlung des Gases diejenige der Dämpfe übertrifft. Der Beweis der Richtigkeit der obigen theoretischen Schlussfolgerungen ist hiermit vollständig geliefert.

§. 9.

Der Apparat, mit welchem diese Versuche gemacht sind, ist zu verschiedenen Zwecken anwendbar. Mit einer Compressionspumpe verbunden, kann er dazu dienen, die Beziehung zwischen der bei der Verdichtung eines Gases angewandten mechanischen Kraft, und der erzeugten Wärme genau festzustellen. Wäre Luft der comprimirte Körper, so könnte die Umwandlung der lebendigen Kraft in Wärme durch ein Bischen Dampf, das immer in der Röhre gelassen wurde, angezeigt werden; während die Moleculé eines zusammengesetzten Gases für sich selbst sprechen würden.

Vor einigen Jahren fand eine Discussion zwischen Prof. Challis und Prof. Stokes über Laplace's Correction für die Schallgeschwindigkeit statt, indem Prof. Challis behauptete, daß diese Correction insofern keine Berechtigung habe, als die durch locale Compression einer Luftmasse von unendlicher Ausdehnung erzeugte Wärme sofort durch Strahlung verbraucht würde. Versuche, so schloß er, welche in begränzten Gefäßen vorgenommen werden, geben keine Anhaltspunkte für Schlüsse in Bezug auf das, was in der Atmosphäre vorgeht, wo die erzeugte Wärme einen unbegränzten Raum hat, in dem sie sich verlieren kann. Obgleich unsere Röhre mechanisch geschlossen ist, so bietet sie doch, was Wärmestrahlung anbetrifft, die Bedingung der unbegränzten Ausdehnung nach einer Richtung und wir haben außerdem die Mittel, den Fluß (*flux*) der Wärme in dieser Richtung zu messen. Was für eine Richtung wahr ist, muß es für alle seyn, sodafs unser Apparat uns darüber aufklären wird, was in der freien Luft vorgeht. Nun dauert aber bei den kräftigst ausstrahlenden

Gasen, die ich untersucht habe, die Strahlung eine merkliche Zeit fort, während die Wärme, welche die Luft beim Einströmen in die Röhre aufnimmt, oft die Quelle von Unbequemlichkeiten ist, in Folge der Unfähigkeit der Luft sie durch Ausstrahlung wieder zu verlieren. Die Frage ist also experimentell zu Gunsten von Laplace und seinem Vertheidiger entschieden.

Ich möchte hier einen Augenblick verweilen bei diesem verhältnißmäßigen Mangel an Ausstrahlungsvermögen, bei der Luft und den Gasen im Allgemeinen. Die Luft ist die einzige Wärmequelle, welche in unseren Versuchen über dynamische Strahlung die Dämpfe erwärmt hat; sie verhält sich zu ihnen geradeso wie eine heiße polirte Metallfläche zu dem Firnisüberzug, welcher sie in einen Ausstrahler verwandelt. Die Luft und das Metall — beides Elemente oder Mischungen von Elementen — sind beide unfähig, dem Lichtäther Bewegung mitzutheilen, ohne die Dazwischenkunft eines zweiten Körpers. Sie besitzen diese Bewegung, aber sie verhalten sich so zu dem Lichtäther, daß sie ihm dieselbe direct gar nicht, oder nur in höchst geringem Grade mittheilen können. Die Atome schwingen, aber der Aether schwillt nicht (*does not swell*). Wenn die Undulationstheorie irgend einen Werth besitzt, so haben wir hier ein bestimmtes Bild vor Augen, welches, obwohl nur ein geistiges Bild, so sicher ist, wie irgend ein mathematischer Schluss, und kaum noch sicherer gemacht werden würde, wenn unsere physische Sehkraft so geschärft werden könnte, daß wir das oscillirende Atom sähen und das Fluidum, in dem es schwingt. Ich drücke mich so stark und entschieden aus, damit man nicht glauben möge, ich gäbe mich hier mit unbestimmten Conjecturen über diesen Gegenstand ab. Wenn ich unbestimmt bin, dann muß die mechanische Theorie eines Aethers den Vorwurf auf sich nehmen. Aber weit entfernt von einem Vorwurf getroffen zu werden, ist sie vielmehr mit der ganzen Masse der Thatsachen in der vollständigsten Uebereinstimmung.

Ferner, wenn, wie alle Thatsachen beweisen, Strahlung und Absorption complementäre Acte sind, von denen der eine in einem Mittheilen, der andere in einem Aufnehmen besteht, und von denen der eine dem andern proportional ist, — so kann keine Coincidenz zwischen der Schwingungsdauer eines erhitzten Körpers und der von Sauerstoff, Wasserstoff oder Luft einen dieser Körper zu einem guten Absorbenten machen. Die Form des Atoms oder irgend eine andere Eigenschaft als die Schwingungsdauer muß bei der Frage der Absorption in's Spiel kommen. Es ist physikalisch unfähig Bewegung mitzutheilen, und daher in gleichem Grade unfähig, Bewegung anzunehmen. Die Neutralität der einfachen Gase bei unseren Versuchen über Absorption rührt nicht daher, daß wir zufällig eine Wärmequelle gewählt haben, deren Schwingungsperioden nicht synchronisch sind mit denen des Gases; sie könnten noch so synchronisch seyn, das Gas würde dennoch ein schlecht absorbirendes seyn. Denn selbst dann, wenn die Bewegung, welche ihre eigene Absorptionskraft sie nicht befähigt anzunehmen, ihnen mechanisch eingeprägt, oder durch Berührung mitgetheilt wird, so sind sie dennoch unfähig, dieselbe auf den Lichtäther zu übertragen, der alle Schwingungen in gleicher Weise annimmt.

§. 10.

Wohlgerüche und Gerüche im Allgemeinen haben schon lange die Aufmerksamkeit nachdenkender Beobachter erregt; man hat sie als Lieblingsillustrationen für die Theilbarkeit der Materie benutzt. In den Werken des berühmten Robert Boyle sind mehrere Capitel diesem Gegenstande gewidmet, und bedeutende Männer in allen Ländern haben sich mehr oder minder in Speculationen ergangen über die außerordentliche Kleinheit der materiellen Theilchen, welche fähig sind, einen merkbaren Effect auf unser Geruchsorgan hervorzubringen.

Ein solcher Gegenstand würde natürlich an und für sich eine ausgedehnte Untersuchung verdienen, welche vorzu-

nehmen jedoch ganz außer meiner Macht liegt. Ich glaube aber, daß unser bisher gebrauchter Apparat es uns möglich macht, die Frage in einer bis jetzt nicht ausführbaren Art vorzunehmen.

Ich verschaffte mir eine Anzahl trockner ¹⁾ aromatischer Pflanzen, und steckte sie, Blätter und Blüten, in Glasröhren von 18 Zoll Länge und $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser. Mittelst meiner zweiten Luftpumpe pumpte ich eine Zeit lang trockne Luft über dieselben, um den etwa anhängenden Staub zu entfernen. Dann wurden sie mit der Versuchsröhre verbunden, die auf die in §. 1 beschriebene Weise mit der Wärmequelle verbunden war. Die Röhre wurde zuerst leer gepumpt, und die Nadel auf 0° gebracht, dann wurde die Röhre mit trockner Luft gefüllt, welche über die Pflanzen geströmt war. Die dadurch hervorgebrachte Ablenkung wurde notirt und aus ihr die durch die wohlriechenden Dünste veranlasste Absorption hergeleitet. Thymian, so behandelt, brachte eine 33mal so große Absorption hervor als die Luft, in der sein Geruch sich verbreitete.

Pfeffermünze übertraf die Luft 34mal, Frauenmünze (*spearmint*) 38mal, Lavendel 34mal, Wermuth 41mal.

Es wurden sodann die folgenden Parfüme untersucht. Kleine quadratförmige Stücke getrockneten Löschpapiers wurden in Form von Cylindern von etwa 2 Zoll Länge aufgerollt; jedes derselben war mit einem der aromatischen Oele befeuchtet, und in einer Glasröhre zwischen dem Trockenapparat und der Versuchsröhre eingeschaltet; die letztere wurde leergepumpt und wieder gefüllt mit trockner Luft, welche über die befeuchteten Papiere gestrichen war. Wenn man die Absorption durch die Luft, welche der Träger der Gerüche war, 1 nennt, so ergaben sich folgende Absorptionen:

1) Ich nehme das Wort trocken im gewöhnlichen Sinne. Sie waren grün, aber verwelkt. Genau gesprochen enthielten sie ohne Zweifel Wasserdämpfe.

Pachouli	30
Sandelholz	32
Geranium	33
Nelkenöl	33,5
Rosenöl (Otto of Roses)	34,5
Bergamot	44
Neroli	47
Lavendelöl	60
Citronenöl	65
Portugal	67
Thymian	68
Rosmarin	74
Loorbeeröl	80
Kassiaöl	109

Es wäre interessant, die absoluten Gewichte dieser Substanzen zu kennen, welche solche Wirkungen hervorbringen; aber ich glaube dieß ist eine Aufgabe, welche die Chemie nicht zu lösen im Stande ist. In Vergleich mit der Luft, welche ihren Geruch in die Röhre brachte, muß ihr Gewicht fast unendlich klein seyn; und doch finden wir, daß die wenigst energisch wirkende unter ihnen, die Luft 30 mal, die am stärksten wirkende die Luft 109 mal an Effect übertrifft.

Was die Absorption der strahlenden Wärme betrifft, so mag die Ausdünstung eines Blumenbeets kräftiger wirken als die ganze darüber befindliche Atmosphäre.

Nach der Untersuchung jedes einzelnen Parfüms wurde ein Strom trockner Luft an dem einen Ende der Röhre eintreten lassen, während die Luftpumpe in Verbindung mit dem andern Ende in Thätigkeit versetzt wurde, bis die Nadel auf den Nullpunkt zurückkehrte. Dieß dauerte oft lange Zeit; der Geruch hing mit solcher Hartnäckigkeit an dem Apparate, daß sogar, nachdem die Nadel auf 0 gegangen war, bei starken Gerüchen einige Minuten Aussetzen des Pumpens hinreichten, die riechende Substanz aus ihrem Versteck in den Ritzen und Hähnen des Apparates hervor-

zubringen und beinahe die ursprüngliche Ablenkung wieder zu erhalten. Wie groß die Quantität solcher Rückstände seyn mag — das zu fassen, muß der Fantasie überlassen bleiben. Wenn man sie trillion- oder quadrillionmal nähme, so würden sie wahrscheinlich die Dichtigkeit der Luft noch nicht erreichen.

Da ich fürchtete, daß die Wirkung von kräftigen Parfümen diejenige der schwächeren, welche *nach* ihnen untersucht wurden, stören möchte, so machte ich eine Reihe von Versuchen mit den folgenden Essenzen und erhielt die angegebenen Resultate:

Kamillenblüthen	87
Nardenöl	355
Anis	372

Nachdem ich diese ungeheuren Wirkungen erhalten hatte, wiederholte ich den Versuch mit Bergamot und fand seine Wirkung genau gleich der früher gefundenen.

Ich machte einige Versuche mit Moschus, aber zu verschiedenen Zeiten erhielt ich verschiedene Resultate. Am 16. October verschaffte ich mir frischen Mochus, brachte ihn in eine kleine Glasröhre, und ließ trockne Luft über denselben in die Versuchsröhre streichen. Der erste Versuch gab mir eine Absorption von

74,
die der Luft, mit welcher der Geruch einströmte als Einheit genommen. Ein zweiter Versuch, bei welchem die Luft ruhiger einströmte, ergab eine Absorption von

72.
Es wäre unnütz, darüber zu speculiren, welche Quantität von Materie diesen Effect hervorbringt. Die Geschichten über den unversiegbaren Charakter dieser Substanz sind wohl bekannt. Wir beschränken uns darauf zu constatiren, daß eine Quantität Moschusgeruch, welche ein Luftstrom von einer Minute Dauer in die Röhre brachte, eine Wirkung erzeugte 72mal so groß als die der Luft selbst.

Es gelang mir nicht, durch lang fortgesetztes Auspum-

pen die Röhre etc. von dem Moschus zu befreien. Er kann nicht flüchtig seyn, denn eine Quantität Aether, die eine weit größere Wirkung als der Moschus hervorbringt, kann leicht entfernt werden, während die Hähne und Verbindungsstücke der Luftpumpe in einer Sodalösung gekocht werden mußten, ehe sie nach den Versuchen mit dieser Substanz wieder zum Gebrauche geeignet wurden.

Zwei Versuche mit gewöhnlichem Zimmet, bei welchen Stücke dieser Substanz in eine Röhre gebracht und trockne Luft darüber geleitet wurde, gaben eine Absorption von

53.

Verschiedene Sorten Thee wurden auf dieselbe Weise behandelt und gaben Absorptionen, die zwischen 20 und 28 variierten.

Bei den Versuchen mit Thee, Zimmet, Moschus und den schon erwähnten wohlriechenden Pflanzen, wurde immer erst eine Zeit lang ein trockner Luftstrom über sie geleitet, ehe sie der Untersuchung unterworfen wurden. Dennoch kann eine kleine Menge Wasserdampf mit den Gerüchen in die Röhre getreten seyn und so den Resultaten bis zu einem gewissen Grade einen gemischten Charakter gegeben haben.

§. 11.

O z o n .

In meiner letzten Abhandlung habe ich kurz die Wirkung des Ozons berührt; allein, da die damaligen Versuche in einer Messingröhre ausgeführt waren, so mußte ich sehr wünschen, sie in einer Röhre zu wiederholen, welche von dieser absonderlichen Substanz nicht angegriffen wird. Versuche, die ich am 16., 17. und 18. Juli anstellte, überzeugten mich, daß ich die Wirkung derselben, als eines Absorbens für strahlende Wärme nicht überschätzt hatte.

Bei meinen ersten Versuchen bediente ich mich großer Elektroden, um den Leitungswiderstand des zu zersetzenden Mediums zu verringern. Das so erhaltene Gas war nur wenig verschieden von gewöhnlichem Sauerstoff.

Dieses Jahr bediente ich mich dreier Zersetzungszellen: in der ersten (No. 1) hatten die Platinplatten ungefähr 4 Quadratzoll Oberfläche, und waren, um Raum zu ersparen, aufgerollt; die Platten der zweiten (No. 2) hatten 2 Quadratzoll Oberfläche, während jede Platte der dritten (No. 3) nur 1 Quadratzoll groß war. Zahlreiche Versuche, welche ich mit diesen ausstellte, gaben mir die folgenden constanten Resultate:

Von den Platten	Absorption durch den elektrolytischen Sauerstoff
No. 1	20
No. 2	34
No. 3	47

Eine Reihe von Versuchen, die ich am folgenden Tage machte, ergab:

No. 1	21
No. 2	36
No. 4	47

Nun schnitt ich einen Theil der Platten No. 2 ab, sodass sie kleiner wurden als No. 3. Fünf Zoll Sauerstoff mit diesen Platten erhalten gab eine Absorption von 65,

also eine bedeutend größere als No. 3. Nun wurden die Platten No. 3 so beschnitten, dass sie die kleinsten von allen wurden; Fünf Zoll Sauerstoff, den sie lieferten, gab dann eine Absorption von 85.

Ich fürchtete die Entwicklung von Wärme bei diesen kleinsten Platten, und da ich wusste, dass Wärme das Ozon zerstört, so umgab ich die Zelle mit einer Mischung von gestoßenem Eise und Salz. Die Absorption durch den so mit den kleinsten Platten erhaltenen Sauerstoff belief sich auf 136.

Durch die bereits erhaltenen Resultate sind wir darauf vorbereitet, wie kleine Mengen von Materie solche Wirkungen hervorbringen können; sonst könnten wir nicht umhin überrascht und erstaunt zu seyn, wenn wir finden, wie eine

Quantität Ozon, deren numerische Bestimmung alle Versuche des Chemikers vereiteln würde, einen Effect erzeugen kann, so ungeheuer im Vergleich mit dem des gewöhnlichen Sauerstoffs.

§. 12.

Alle bisher erwähnten Resultate waren bereits erhalten, als ich in De la Rive's vortrefflichem Handbuch eine Erwähnung der Versuche des Hrn. Meidinger über Ozon fand. Ich hatte nie zuvor eine Erwähnung dieser Untersuchung gehört, und war erfreut, darin den Bericht über eine höchst interessante Arbeit zu finden.

Hr. Meidinger beginnt damit nachzuweisen, wie bei der Zersetzung des Wassers Theorie und Experiment nicht übereinstimmen; die Abweichung zeigte sich sehr entschieden darin, daß eine geringere Quantität Sauerstoff sich entwickelte, wenn der Strom stark war. Durch Erhitzen seines Elektrolyten verschwand der Unterschied und die richtige Menge Sauerstoff entwickelte sich. Er vermuthete sogleich, daß der Mangel an Sauerstoff von einer Ozonbildung herrühre; aber in welcher Art — das blieb noch zu bestimmen. Läge der Grund in der großen Dichtigkeit des Ozons in der Röhre, welche den Sauerstoff aufnimmt, so würde die Zerstörung des Ozons durch Wärme das wahre Volum des Sauerstoffs wiederhergestellt haben. Bei verschiedenen Maafsbestimmungen aber ergab sich bei einer Erwärmung, die das Ozon zerstörte, keine Aenderung des Volums, und Hr. Meidinger schloß daraus, daß die Abweichung, die er gefunden, nicht von Ozon herrührte, das mit dem Gase selbst gemischt war. Er schloß endlich, und bewies seine Schlüsse durch hinreichende Versuche, daß der Verlust an Sauerstoff veranlaßt wird durch die Bildung von Wasserstoffsuperoxyd, welches sich in der Flüssigkeit löst und so dem elektrolytischen Gase entzogen wird. Er wurde weiter darauf geführt, mit Elektroden von verschiedener Gröfse zu experimentiren, und fand, daß der Verlust an Sauerstoff beträchtlicher war bei einer kleinen, als bei großen

Elektroden, woraus er schloß, daß die Bildung des Ozons erleichtert werde durch die Dichtigkeit (*density*) des Stroms an der Stelle, wo Elektrode und Elektrolyt sich berühren. Nichts konnte verschiedener seyn, als die Methode des Hrn. Meidinger und diejenige, durch welche ich zu demselben Schlusse gelangte, und obwohl ich keinen Zweifel an der Genauigkeit meines Apparates habe, so war es doch angenehm, seine Angaben auf eine so merkwürdige und unerwartete Art bestätigt zu finden. Ich kann noch zufügen, daß seitdem ich die Abhandlung des Hrn. Meidinger gelesen, ich seine Versuche mit meinen Zersetzungszellen wiederholt und gefunden habe, daß diejenigen, welche mir die größte Absorption ergaben, auch den größten Mangel in dem Volum des entwickelten Sauerstoffs zeigten.

Die Quantitäten Ozon, mit denen ich gearbeitet habe, müssen durch gewöhnliche Mittel vollständig unmeßbar seyn; seine Wirkung ist ähnlich der von ölbildendem Gase oder von borsaurem Aether — ja kann dieselben, Volum für Volum, vielleicht noch übertreffen. Kein einfaches Gas, das ich untersuchte, verhält sich auch nur annähernd wie Ozon, dessen Wirkung der eines sehr kräftig wirkenden zusammengesetzten Dampfes gleich kommt. Bei seiner Bewegung (*swing*) durch den Aether muß es das Medium aufs heftigste erschüttern. Wenn es Sauerstoff ist, so muß es Sauerstoff seyn, der in solchen Atomgruppen gepackt ist, die einen enormen Widerstand erleiden, indem sie sich durch den Aether bewegen. Ich versuchte die Frage, ob es Sauerstoff ist oder eine Wasserstoffverbindung, auf die folgende Weise zu entscheiden. Wärme zerstört das Ozon. Wäre es Sauerstoff, so würde die Wärme es in das gewöhnliche Gas verwandeln; wäre es eine Wasserstoffverbindung, wie einige Chemiker annehmen, so würde sich in der Wärme das gewöhnliche Sauerstoffgas + Wasserdampf bilden. Das Gas allein, in meine Röhre eingelassen, würde die gewöhnliche neutrale Wirkung des Sauerstoffs geben; wogegen ich hoffen durfte, daß das Gas + Wasserdampf nur eine merklich größere Wirkung zeigen würde. Nach

der Zerstörung des Ozons führte ich das Gas einmal ohne weiteres Trocknen in die Versuchsröhre; dann schaltete ich zwischen der Stelle, wo das Gas erwärmt wurde, und der Versuchsröhre eine trockne Röhre ein. Bis jetzt bin ich nicht im Stande gewesen, mit Sicherheit einen Unterschied zwischen dem getrockneten und ungetrockneten Gase zu entdecken. Vor dem Erwärmen war der elektrische Sauerstoff sorgfältig getrocknet worden; wenn die Erwärmung Wasserdampf erzeugt hat, so kann ich nur sagen, daß die experimentellen Mittel, deren ich mich bedient habe, nicht fähig waren, ihn anzuzeigen. Für jetzt bin ich also der Ansicht, daß Ozon erzeugt wird durch das Zusammenpacken der Sauerstoffatome in oscillirende Gruppen, und daß die Hitze das Band der Vereinigung löst und den Atomen erlaubt, allein zu schwingen, wodurch ihnen die Fähigkeit benommen wird, die Bewegung entweder aufzuhalten oder zu erzeugen, welche sie als *Systeme* aufzuhalten oder zu erzeugen im Stande waren.

Berichtigungen zur ersten Hälfte dieses Aufsatzes.

- S. 2 Z. 13 v. o. lies: von 15° statt um 15°
 S. 2 Z. 14 v. u. ist (*vertical*?) zu streichen
 S. 4 Z. 9 v. u. lies: die statt eine
 S. 6 Z. 17 und 19 v. o. lies: Bimssteinstücken
 S. 6 Z. 15 v. u. lies: $15''$ Quecksilber
 S. 12 Z. 11 v. o. lies: Nullpunkt statt Mittelpunkt
 S. 14 Z. 1 v. u. lies: eingelassen statt eingeschlossen
 S. 19 Z. 14 v. u. lies: 95 statt 93.

V. Ueber den Einfluss der Gebirge auf die Winde des angränzenden Flachlandes;

von W. C. Wittwer.

Seit langer Zeit kennt man die Thatsache, dass der Wind sich an manchen Orten während der verschiedenen Tageszeiten ändert; es brauchen hier nur die allgemein bekannten Land- und Seewinde angeführt zu werden. Aber auch im Innern der Continente fern von jeder größeren Wasserfläche begegnet man solchen Erscheinungen und besonders sind es die Gebirgsgegenden, die sich in dieser Beziehung auszeichnen. Manche Bergwinde, wie z. B. die Bora, sind sogar mit eigenen Namen bedacht und viele Bewohner der Gebirge, deren Beschäftigung wie die der Jäger auf Berücksichtigung der Winde hinweist, kennen sehr gut die Luftströmungen, auf die zu gegebenen Tageszeiten an bestimmten Stellen zu rechnen ist.

Wenn nun hier durchaus nicht von Bekanntmachung einer neuen Thatsache die Rede seyn kann, so dürfte es doch nicht überflüssig seyn, die Normen, nach denen sich die Winde des dem Gebirge nahen Flachlandes regeln, genauerer Untersuchung zu unterziehen.

Der Einfluss, den die Berge auf die Richtung des Windes ausüben, ist von zweierlei Art: er ist ein mechanischer, der sich einfach darauf reducirt, dass die von der Luft nicht wegschiebbaren Bergmassen den Strömungen besondere Wege anweisen; er ist aber auch ein dynamischer, insofern ein Berg oder ein Gebirge an und für sich Luftströmungen hervorruft und bei sonstiger Windstille eine Bewegung der Luft veranlasst, oder bereits vorhandenen Wind mehr oder weniger ändert. Unter diese letztere Klasse gehören vorzugsweise jene von Bergen abhängigen Luftströmungen, die man in dem angränzenden Flachlande bemerkt, und sie sollen zunächst der Gegenstand der nachstehenden Untersuchung seyn. Selbstverständlich sind auch in dem vom Gebirge ab-

hängigen Flachlande die großen Strömungen der Luft von Südwest nach Nordost und umgekehrt die hervorragenden, und die im Nachstehenden besprochenen sind nur in der Weise zu betrachten, wie man es etwa mit den Ornamenten in Beziehung auf den ganzen Bau zu thun gewohnt ist. In dem einem Gebirge nahen Festlande sind die Windverhältnisse im großen Ganzen von den anderweitigen nicht verschieden, aber daneben findet man noch mehr oder weniger beträchtliche Modificationen dieses großen Ganzen.

Wäre im Flachlande für sich beständig Windstille, so würde die Ermittlung des Gebirgseinflusses sehr einfach seyn, denn es würde in diesem Falle ein Wind erregt, der entweder von der Beobachtungsstation zum Gebirge oder von diesem zur Station ginge. Sind jedoch schon andere Winde vorhanden, so werden diese nur modificirt. Erregt z. B. das Gebirge einen Südwind, so muß nach dem Satze vom Parallelogramme der Kräfte die Gesamtbewegung der Luft eine mehr südliche werden, als sie außerdem seyn würde. Soll die Rechnung strenge durchgeführt werden, so ist nothwendig, daß die Geschwindigkeit der bewegten Luft bekannt sey; allein da diese Bedingung an keinem Orte der Erde erfüllt ist, so soll im Nachstehenden angenommen werden, daß alle Winde gleich stark seyen, eine Annahme, wegen welcher sich zu verantworten kaum nothwendig seyn wird, da sie gegenwärtig sämtlichen Untersuchungen über die Winde zu Grunde liegt.

Bekanntlich kann man nach dem von Lambert vorgeschlagenen Verfahren die Winde als Kräfte darstellen, welche die Atmosphäre eines Ortes zu verrücken streben, und es läßt sich derjenige Wind bestimmen, der für sich allein dieselbe Wirkung ausüben würde, als alle beobachteten Winde zusammen, denn man braucht nur nach den Gesetzen von der Zusammenlegung der Kräfte die Resultirende der einzelnen Seitenkräfte zu suchen. Dieses Verfahren benutzte ich insofern, als ich zwar die Componirenden aber nicht den mittleren Wind bestimme. Hat z. B. ein Ort im Süden oder Norden ein Gebirge, dessen Einfluß zu be-

stimmen ist, so suche ich die Projectionen auf die Südnordrichtung, da das Gebirge nur auf diese eine Aenderung hervorbringt, während die Ostwestprojectionen davon nur wenig oder gar nicht afficirt werden. Bezeichnet man mit $A, B, C \dots$ die Summe der beobachteten Nord-Nordost-... Winde, so ist:

$$\begin{aligned} (S-N) &= E - A + (D + F - B - H) \cos 45^\circ \text{ und} \\ (S-W-NO) &F - B + (G + E - A - C) \cos 45^\circ. \end{aligned}$$

Je größer die Zahl der beobachteten Winde ist, um so bedeutender wird die Summe der berechneten Projectionen seyn. Um ein einheitliches Maas einzuführen, gelten im Nachstehenden diejenigen Projectionen, welche neunzig Beobachtungen entsprechen, die sich also entziffern, wenn man ein Vierteljahr hindurch täglich Beobachtungen macht. Ist n die Zahl sämmtlicher Windbeobachtungen, p die arithmetische Summe der daraus berechneten Componirenden nach einer gegebenen Richtung, so werden die von mir angegebenen Ziffern dem Bruche $\frac{90p}{n}$ entsprechen.

Als Beobachtungsstationen, die zur Ermittlung des Einflusses der Gebirge dienen sollen, sind solche Orte gewählt, welche in oder über dem Flachlande gelegen, auf der einen Seite nicht allzu weit von einem Gebirge entfernt sind. Die Gebirge und die Wasserflächen sind ohne Zweifel nicht die einzigen Localitäten, die einen Einfluss auf die Winde ausüben, und darum schränkt sich die Zahl der Beobachtungsstationen ziemlich ein, denn es dürfen nur möglichst wenig andere Umstände vorhanden seyn. Ideal wäre eine Gebirgsmasse rings von einer großen überall gleichartigen Ebene umgeben, in welcher in gleicher Entfernung vom Gebirge rings die Beobachtungsstationen zerstreut wären. Da aber dieses Ideal nirgends erfüllt ist, muß man eben die Stationen nehmen wie sie sind. Mir sind nur die Punkte Bogenhausen bei München, Hohenpeissenberg, Mailand, Karlsruhe und Mannheim bekannt, welche die geforderten Bedingungen möglichst erfüllen. Ist die Frage über die Gebirge erledigt, so mögen andere Localeinflüsse wie die der Waldungen, Haiden usw. an die Reihe kommen.

A. Bogenhausen.

Die Beobachtungen über die Windverhältnisse von Bogenhausen sind von Lamont (Annalen für Meteorologie und Erdmagnetismus I—XII, Annalen der Königl. Sternwarte bei München I—XII, und monatliche und jährliche Resultate der an der Königl. Sternwarte bei München von 1825 bis 1856 angestellten Beobachtungen) veröffentlicht. Man findet die Beobachtungen für alle geraden Stunden des Tages und der Nacht aus den Jahren 1843 bis 1846 und für die geraden Stunden des Tages (8^h M. bis 6^h A.) aus den Jahren 1847 bis 1857. Bogenhausen liegt auf der bayerischen Hochebene fern von erheblichen Bergen und nördlich von der von Ost nach West ziehenden Alpenkette. Der Raumersparnis wegen habe ich mich im Nachfolgenden stets auf die Untersuchung von Winter (December bis Februar), Sommer und das ganze Jahr beschränkt. Die Resultate der Beobachtungen sind folgende:

Beobachtungsstunde	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Stille
--------------------	---	----	---	----	---	----	---	----	--------

Winter.

Morgens	2 ^h	6	24	49	16	1	56	78	1	63
	4	6	19	40	9	8	62	87	1	67
	6	2	26	41	17	11	87	110	7	47
	8	22	102	176	126	84	356	335	55	98
	10	21	116	206	119	63	307	355	66	99
	12	25	171	221	82	37	249	369	75	93
Abends	2	39	226	212	80	29	209	384	91	84
	4	45	216	212	85	33	224	370	90	79
	6	23	154	222	66	48	213	387	60	136
	8	2	29	45	18	8	71	72	—	52
	10	1	33	45	18	4	64	68	4	50
	12	2	31	53	12	6	63	79	—	49

Sommer.

Morgens	2 ^h	4	13	31	16	7	122	106	4	60
	4	3	17	14	13	8	196	52	10	55
	6	1	23	16	17	5	243	27	11	22
	8	33	85	182	88	36	411	377	100	68
	10	50	125	222	69	17	287	400	161	49
	12	86	170	197	46	13	225	404	208	31
Abends	2	123	243	154	45	12	180	365	223	35
	4	121	246	143	29	11	186	334	264	45
	6	110	236	147	51	23	184	339	211	78
	8	5	70	29	21	1	140	62	18	21
	10	6	33	29	23	8	126	81	4	55
	12	6	16	34	12	10	131	97	5	55

Beobach- tungsstunde	N	NO	O	SO	S	SVV	VV	NVV	Stille
Jahr.									
Morgens 2 ^h	17	94	196	74	17	388	357	13	226
4	13	98	121	62	26	485	326	26	241
6	9	101	109	89	39	641	271	51	129
8	114	412	747	421	232	1506	1368	326	350
10	151	552	922	376	141	1102	1493	454	286
12	229	748	919	287	99	887	1469	570	239
Abends 2	310	988	826	262	79	749	1426	637	200
4	330	997	806	248	88	733	1358	676	241
6	270	887	845	244	121	797	1335	542	491
8	13	230	167	71	20	375	299	60	155
10	14	154	171	98	28	363	317	33	187
12	17	116	183	76	26	385	347	26	204

Berechnet man aus diesen Beobachtungen die Componirenden ($S - N$) und ($W - O$), so erhält man nachstehendes Resultat:

Beobachtungs- stunde	Winter		Sommer		Jahr	
	(S—N)	(W—O)	(S—N)	(W—O)	(S—N)	(W—O)
Morgens 2 ^h	8,64	12,56	21,96	35,60	16,35	21,21
4	11,46	21,60	32,70	39,73	20,09	29,18
6	15,31	27,17	40,39	40,03	27,44	32,33
8	19,40	19,17	14,68	28,30	15,76	21,82
10	14,28	16,41	1,08	23,32	5,32	16,68
12	4,91	13,49	— 9,70	23,51	— 3,83	14,02
Abends 2	—1,98	11,15	—18,35	19,06	—10,93	11,44
4	—0,66	11,11	—20,79	20,54	—12,02	10,97
6	4,88	13,92	—15,46	17,51	— 7,01	10,55
8	14,67	13,32	11,68	19,71	7,60	14,68
10	10,92	10,98	20,02	25,72	13,70	16,34
12	10,71	12,25	22,02	34,27	15,30	20,80

Man sieht aus den vorstehenden Ziffern, daß die Summen der Projectionen der Winde einer von der Tagesperiode abhängigen Veränderung unterliegen, welche sich über die Meridian- und über die Ostwestrichtung erstreckt.

Was die Meridianrichtung anbelangt, so ist die Zahl der südlichen Winde am Morgen ein Maximum, worauf sie sich zuerst rasch, dann langsamer bis Nachmittags vermindert; Nachmittags ist ein Minimum der Südwinde, dann nehmen dieselben zu und zwar am schnellsten am Abend, um bis

zum Morgen den alten Stand einzunehmen¹⁾). Die Aenderung der Projectionssummen beträgt, wenn man nur die Beobachtungsstunden berücksichtigt, und davon absieht, daß die wahren Extreme daneben fallen können, im Winter 21,38 Einheiten, im Sommer 61,18, im Jahresdurchschnitte 39,46, welch letzterer Werth von dem arithmetischen Mittel der beiden ersteren nicht allzuweit abweicht. Die GröÙe der Aenderung ist also abhängig von der Länge der Tage und wenn auch wegen mangelnder Beobachtungen über die Intensität der Winde das Gesetz, nach dem die Aenderungen vor sich gehen, nicht festgestellt werden kann, so wird es wohl nicht unrichtig seyn, wenn man annimmt, die Wirkung und mit ihr die Ursache der Aenderung sey im Sommer gröÙser als im Winter. Wenn die Aenderung im Winter 21,38, im Sommer 61,18 Einheiten beträgt, so glaube ich annehmen zu können, daß die diese Aenderung bewirkende Ursache im Sommer mächtiger wirke als im Winter; es wäre aber zu weit gegangen, anzunehmen, daß beide Ursachen sich verhalten, wie 21,38 zu 61,18. Eine derartige Bestimmung lieÙe sich nur machen, wenn die jeweilige Geschwindigkeit der Strömungen bekannt wäre. Das Morgenmaximum der Südwinde ist im Winter um 8^h, im Sommer um 4^h, und es ergibt sich daraus eine sehr deutliche Analogie mit dem Gange der Tagestemperatur; doch treten bei dieser die beiden Extreme etwas früher auf.

Die vorstehende Erscheinung dürfte sich wohl sehr schwer oder gar nicht als eine allgemeine auf der Erde oder doch wenigstens auf unserer Halbkugel stattfindende nachweisen und erklären lassen, und es muß daher die zu Bogenhausen beobachtete Aenderung der Winde als von Localverhältnissen abhängig angenommen werden. Sucht man in der Gegend südlich und nördlich von München

1) Im Winter scheint noch ein zweites Minimum um 2^h Morgens zu seyn; da aber die andern Jahreszeiten nicht deutlich dafür sprechen, wie überhaupt die Aenderungen in der Nacht nicht sehr deutlich sind, und da mir von den andern Stationen keine Nachtbeobachtungen bekannt sind, so soll diese zweite Periode für jetzt nicht weiter untersucht werden.

nach dem Gegenstande, der die in der Meridianrichtung stattfindende Aenderung der Winde hervorrufft, so kann man diesen nur in dem südlich liegenden Gebirge finden, da der Norden nichts besonderes nachzuweisen hat. Vom Morgen an erhöht sich die Zahl der gegen das Gebirge ziehenden Winde, Abends nimmt sie wieder ab, und das Gebirge steht daher zu dem anliegenden Flachlande in derselben Beziehung, in der wir das Küstenland gegen das Meer finden. Das Gebirge entspricht der Küste, das Flachland dem Meere und die vorstehende Aenderung des Windes ist dem Uebergange des Landwindes in Seewind und umgekehrt analog.

Denkt man sich um die Erde eine ideale Sphaeroïdfläche, deren Radius um ein Paar tausend Fufs größer ist, als der wirkliche der Erde, so geht diese durch einen Ocean von Luft, aus dem wie Inseln aus dem Meere die Gebirge hervorragen. Auf diesen Inseln muß bei der Insolation eine größere Wärmeentwicklung stattfinden, und die Folge davon werden in den Gebirgen entspringende aufwärts gerichtete Strömungen seyn. Die Luft geht in die Höhe und wird von den Seiten wie von der Tiefe aus ersetzt. In der Nacht findet auf den Bergen durch stärkere Ausstrahlung eine bedeutendere Erkaltung der Luft und dann ein Herabströmen in die Ebene statt.

Auch die nach der Ostwestrichtung berechneten Summen der Componirenden verändern sich im Laufe des Tages. Am Morgen, um die Zeit des Wärmeminimums sind die Westwinde am meisten vorwiegend, worauf sie immer mehr abnehmen, bis sie um die Zeit des Sonnenuntergangs ihr Minimum erreichen. Dann kehren sie bis zum Morgen zum alten Stande zurück. Auch hier ist die Veränderung im Sommer größer als im Winter, aber weder in den einzelnen Jahreszeiten, noch im Jahresdurchschnitte ist sie so bedeutend wie die in der Meridianrichtung. Auch die Zeit des Eintretens schwankt weniger; letztere sind aber beide von dem Mittage weiter entfernt als die Extreme der Süd-nordrichtung. Da so die Wendepunkte sehr weit ausein-

ander liegen (im Sommer 10 Stunden) und weil die Veränderung auch hier in den Morgenstunden am bedeutendsten ist, so bleibt für die Nachmittagsstunden nur wenig übrig.

Die Localverhältnisse der Umgebung von München bieten keinen Anhaltspunkt zur Erklärung dieser Erscheinung, da im Osten dasselbe Flachland ist, wie im Westen; dafür haben wir einen solchen am Himmel im Laufe der Sonne. Am Morgen liegen die wärmeren Gegenden östlich, am Nachmittag westlich von einem gegebenen Beobachtungsorte; da aber die Luft auf der Erdoberfläche stets dem wärmeren Orte zuströmt, so muß auch die Zahl der in der Ostwestrichtung ziehenden Winde mit dem Stande der Sonne sich ändern: die Ostwinde werden im Laufe des Tages zunehmen, und weil sich bis zum Morgen der ursprüngliche Stand wieder herstellen muß, denn sonst würden am Ende die Westwinde ganz ausbleiben, so werden in der Nacht die letzteren wieder zahlreicher. Da sich gegen diese Sätze von physikalischer Seite schwerlich viel einwenden läßt, so dürfte es zur Zeit wohl gestattet seyn, anzunehmen, daß die in München beobachtete Aenderung der Ostwestwinde wenigstens zum Theile auf den Lauf der Sonne zurückzuführen sey; aber anders würde sich die Sache gestalten, wenn man die Norm aufsuchen wollte, nach der die Aenderung vor sich geht, denn hier wirkt offenbar die Masse vieler in östlicher Richtung liegender Landstriche gegen die der westlichen; alle haben gleichzeitig verschiedene Tageszeiten also auch verschiedene Temperaturen, und wirken aus verschiedener Entfernung, so daß es wohl schwer seyn dürfte, alle diese Verhältnisse auseinander zu suchen. Es ist übrigens auch das Gebirge hiebei thätig. Wäre südlich von München ein einziger Berg, so wäre nicht denkbar, wie dieser auf die Ostwestwinde einen Einfluß ausüben sollte; aber die Alpen sind nicht ein Berg, sondern eine von Ost nach West ziehende Kette. Am Vormittage wird der östlich von München gelegene Theil am meisten wirken, Nachmittags der westliche

und es wird daher in der ersteren Tageszeit ein Nordwestwind in der zweiten ein Nordostwind hervorgerufen, deren Projectionen sich natürlich unter die der übrigen Ostwestwinde mischen.

Da die Sonne Mittags südlicher steht als Morgens, so könnte man versucht seyn, auch die Aenderung der Süd- und Nordwinde dem wechselnden Sonnenstande zuzuschreiben; allein bei näherer Betrachtung wird man finden, daß die Annahme, es könne die beobachtete Aenderung der Süd- und Nordwinde auch ohne die Alpen stattfinden, unzulässig ist, denn in einem Flachlande ist die Temperaturdifferenz unter verschiedenen Breiten gelegener Orte lange nicht so bedeutend, als die solcher, deren Länge also deren Tageszeit verschieden ist; und da die Temperaturdifferenzen die Grundlage der Winde sind, könnte hier nur eine ganz unbedeutende Aenderung hervorgerufen werden. Die Beobachtung zeigt jedoch, daß die Ostwestwinde lange nicht so bedeutend wechseln als die Süd- und Nordwinde.

B. Hohenpeifsenberg.

Die Beobachtungen von Hohenpeifsenberg sind von Lamont (Beobachtungen des meteorologischen Observatoriums auf dem Hohenpeifsenberge von 1792 bis 1850) veröffentlicht; sie beschränken sich auf die Stunden 7^h Morgens, 2^h und 9^h Abends. Die Station Hohenpeifsenberg liegt auf einem 3016 Fufs hohen isolirten Gipfel, der auf demselben Flachlande aufsitzt wie München; er ist etwas näher am Gebirge, aber sonst unter denselben Verhältnissen. Nachstehend folgen die Beobachtungen der zehn Jahrgänge 1841 — 1850.

Beobach- tungsstunde	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Winter.								
7 ^h	15	136	41	97	58	259	234	62
2	37	166	52	71	55	241	217	63
9	37	132	55	72	55	236	262	53

Beobach- tungsstunde	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Sommer.								
7 ^h	23	90	69	92	60	231	252	101
2	78	225	57	24	25	146	234	131
9	53	172	58	57	53	171	272	84

Jahr.								
7 ^h	77	471	245	433	243	953	899	327
2	212	873	216	212	166	702	865	405
9	167	708	216	261	220	768	1018	293

Die aus diesen Beobachtungen abgeleiteten Projectionen sind:

Beobach- tungs- stunde	Winter		Sommer		Jahr	
	(S-N)	(W-O)	(S-N)	(W-O)	(S-O)	(W-O)
7 ^h	15,44	25,47	12,78	28,34	14,35	22,69
2	7,65	21,19	-18,05	19,25	- 7,48	16,38
9	10,47	26,25	- 1,94	22,73	1,80	21,37

Die Vergleichung dieser Ziffern mit den Resultaten der Münchener Beobachtungen ergibt, dafs der Charakter der Aenderung der Winde an beiden Orten derselbe sey; am Tage nehmen die Nordwinde wie die Ostwinde zu. Hohenpeissenberg liegt wie München nördlich von den Alpen und dort geht wie hier die Sonne im Osten auf. Trotz dieser allgemeinen Aehnlichkeit, ist das Verhalten des Windes nicht an beiden Orten das nämliche. Die Verschiedenheiten beider Orte in Bezug auf die Südwestwinde sind vorzugsweise folgende:

- 1) Die absolute Gröfse der Aenderung der Winde ist in München bedeutender als in Hohenpeissenberg.
- 2) Die Aenderung von 7^h bis 2^h ist, im Vergleiche zu Bogenhausen, auf dem Peissenberge verhältnismäfsig gröfser als von 2^h bis 9^h.

Der Peissenberg ist selbst ein Berg und wird wenn auch seiner geringeren Masse entsprechend in geringerem Grade als die Alpen doch mit einiger Stärke seinen Einfluss auf

die Winde der Gegend ausüben, und das Flachland zwischen Hohenpeissenberg und den Alpen wird sich in den Einfluss beider theilen. Die Südseite des Peissenberges sucht die Luft zu einer Bewegung zu veranlassen, welche an dem Abhange in die Höhe geht, also eine Richtung von Süd nach Nord hat, während die Nordseite des Berges den entgegengesetzten Einfluss hat. Die Südseite wird mehr erwärmt, ihr Wind wird daher verschlagen und es resultirt daher, dass von der Nordseite wie von der Südseite Winde an dem Gipfel zusammentreffen, von denen die südlichen stärker sind. Ohne den Berg würden also auf der Station Mittags weniger Südwinde seyn und die Gröfse der Projectionen würde sich daher ändern, wenn man die Bergwirkung abziehen könnte. Setzen wir diese zu sechs Einheiten, so würde die Projectionssumme im Jahresdurchschnitte — 13,48 betragen, und die Aenderung von 7^h — 2^h würde 27,83, die von 2^h — 9^h würde 14,28 betragen. Die absolute Gröfse der Aenderung würde mithin bedeutender und die Nachmittagsänderung würde verhältnismäfsig mehr wachsen als die des Vormittags. Beide würden sich verhalten wie 14,28 zu 27,83, während sie so 9,28 zu 21,83 sind. Es kann auch ausserdem die durch die Alpen hervorgerufene Strömung in der Höhe kleiner seyn als in der Tiefe. Die auf den Bergen aufsteigende Luft mufs in der Höhe über der südbayerischen Ebene einen Strom von Süd nach Nord hervorrufen, während unten ein Wind von Nord nach Süd eingeleitet wird. Zwischen beiden mufs Stillstand seyn, und wenn man von unten aufsteigend sich diesem Nullpunkte nähert, so mufs die Bewegung der Luft allmählig abnehmen. Bringt man in die halbgeöffnete Thüre eines geheizten Zimmers eine Kerzenflamme, so zeigt die letztere am Boden eine in das Zimmer eindringende Strömung, die abnimmt, wenn man mit der Kerze höher rückt, etwa in der Mitte steht die Flamme gerade und oben zeigt sie auswärts. Dieser Fall bietet ein Analogon zu den Verhältnissen, die man bei den Gebirgen beobachtet, und auf dem Peissenberge würde man daher auch ohne die Wirkung des

Berges selbst eine geringere Aenderung der Windrichtung wahrnehmen, als diese in München beobachtet wird.

Auch in Beziehung auf die Ostwestrichtung findet man die Verschiedenheiten:

- 1) Die absolute Gröfse der Aenderung ist in Hohenpeissenberg kleiner als in München.
- 2) Die Vormittagswirkung ist wenigstens im Jahresdurchschnitte verhältnißmäfsig gröfser als die Aenderung des Nachmittags.

Die Aenderung der Ostwestwinde rührt von den Wärmeunterschieden her, welche an Orten verschiedener Länge durch die Verschiedenheit der Tageszeit bedingt wird. In der Höhe wechselt die Temperatur im Laufe des Tages weniger als in der Tiefe¹⁾, mehrere neben einander liegende Punkte von ungleicher Länge unterscheiden sich hinsichtlich der Wärme in der Höhe weniger als unten, und darum mufs auch die von der geringeren Wärmedifferenz abhängige Luftströmung oben kleiner seyn.

Bestrahlt die Sonne am Vormittage den Berg, so wird sie auf der Morgenseite einen Ostwind, auf der Abendseite einen Westwind erregen, die auf dem Gipfel sich treffen, von denen aber der Ostwind der stärkere ist. Auch die Sonne hilft vom Morgen an zu den Ostwinden, sie wird also von dem Berge unterstützt, und ohne diesen würde die Aenderung von $7^h - 2^h$ noch kleiner. Bis zum Abend stellt sich, da die Sonne Nachmittags die Westwinde begünstigt, das ursprüngliche Verhältnifs wieder her. Würden sich (also nach Abzug der Bergwirkung) die Projectionen von $7^h - 2^h$ nur von 22,69 auf 19,38 statt auf 16,38 ändern, so wäre die ganze Aenderung nur 3,31 Einheiten, und wenn sich bis 9^h das ursprüngliche von 21,37 wieder herstellen würde, da mittlerweile die Bergwirkung aufgehört hat, so würde sich die Aenderung $2^h - 9^h$ auf 1,99 Einheiten belaufen, und die Vormittagsänderung wäre im Verhältnifs zu der Nachmittagsänderung gröfser, wie dieses

1) Dove in den Tabellen und amtlichen Nachrichten über den preussischen Staat V.

auch in München stattfindet. Ich muß übrigens darauf aufmerksam machen, daß mit dieser Erklärung der Thatsache noch nicht alle Einwürfe gehoben sind, denn der Sommer bietet die umgekehrte Erscheinung, weil dort die Nachmittagsänderung verhältnißmäßig kleiner ist, und es müssen daher noch weitere Einwirkungen stattfinden, die ich jedoch zur Zeit nicht kenne.

C. Mailand.

Von Mailänder Windbeobachtungen sind mir nur drei Jahrgänge bekannt: zwei davon (1842 und 1843) mit den Beobachtungsstunden 8^h Morgens, 2^h, 8^h und 11^h Abends finden sich in Lamont's Annalen für Meteorologie und Erdmagnetismus VII und XI, einen dritten Jahrgang (1844) hat mir Hr. Lamont aus einem Briefe des Hrn. Capelli, Adjuncten an der Mailänder Sternwarte, mitgetheilt. Hier sind die Beobachtungsstunden 6^h und 9^h Morgens und 3^h und 9^h Abends. Es wurden in Mailand auch die Zwischenwinde NNO, ONO usw. angegeben. Der Gleichförmigkeit wegen sind diese Winde je zur Hälfte den Nachbarrichtungen zugezählt, wie dieses ziemlich allgemein üblich ist. (Vergl. Kämtz Meteorologie I, 153). Die Mailänder Beobachtungen umfassen so acht Beobachtungsstunden, die aber aus verschiedenen Jahrgängen stammen, weshalb sich auch in der Projectionstabelle einige Kreuzsprünge befinden, die wohl ausgefallen wären, wenn ich eine größere Reihe von Jahren hätte benutzen können. Mailand liegt bekanntlich in der lombardischen Ebene im Süden der Alpen, und letztere müssen daher eine Einwirkung ausüben, welche der in München beobachteten entgegengesetzt ist.

Die Beobachtungen sind folgende:

Beobach- tungsstunde	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Winter.								
Morgens 6 ^h	12	15	15	4,5	4,5	4,5	18	17,5
8	30,5	29,5	22,5	6	4	19	30	38,5
9	10,5	17	19,5	6	—	7,5	13	16,5
Abends 2	17,5	17	14,5	21	13,5	46	23	25,5
3	11	6,5	10,5	5,5	4	16	18	16,5
8	26	30	16,5	7,5	5	27,5	30	31,5
9	14	12,5	11	2,5	4	7	16,5	20,5
11	27	34,5	26,5	8	3	16	28,5	33,5

Sommer.								
Morgens 6 ^h	15	21	16	2,5	4,5	6,5	10,5	16
8	11	52,5	22	23	8,5	29	9,5	24,5
9	4	13	24,5	11,5	7,5	13	6,5	8
Abends 2	11	21	27	28	16,5	34	16	19,5
3	4	5	19	3	11,5	19,5	19	8,5
8	19,5	27,5	15	29,5	18	25	17	18,5
9	10,5	7	16	4	5	18,5	15	14
11	25,5	40	11,5	12	7	24	24	32

Jahr.								
Morgens 6 ^h	53,5	79	74	17	13	19,5	50,5	59,5
8	84	165,5	94,5	65,5	39	74	66,5	135
9	29	61	99	31	14	41,5	42,5	45
Abends 2	55,5	70	80	91,5	70	154,5	88	95,5
3	21	26	59	35	33	72	65	41
8	73,5	105	80,5	80,5	48,5	106,5	94,5	101
9	49,5	49,5	56	14	17	41,5	55,5	68
11	111,5	171	80,5	42	19,5	70	79,5	135

Hieraus ergeben sich die Projectionssummen:

Beobachtungs- stunde	Winter		Sommer		Jahr	
	(S-N)	(W-O)	(S-N)	(W-O)	(S-N)	(W-O)
Morgens 6 ^h	-23,59	4,66	-29,64	-6,07	-27,70	-8,73
8	-28,45	11,53	-10,09	-14,03	-19,75	-5,42
9	-24,64	-5,79	+7,39	-19,06	-9,59	-14,97
Abends 2	+6,74	+16,28	10,77	-4,07	+9,12	+9,01
3	-8,24	22,50	13,51	+13,79	+10,30	+10,93
8	-20,55	14,85	2,39	-3,99	-5,01	+3,85
9	-27,22	14,67	-4,44	+14,20	-19,57	+8,21
11	-28,02	3,53	-22,48	7,84	-29,09	-0,84

Betrachtet man zuerst die Aenderungen der Winde, die in der Meridianrichtung vor sich gehen, so zeigt sich alsbald, daß in Mailand der entgegengesetzte Fall von dem

in München beobachteten stattfindet. In München nehmen vom Morgen an die Nordwinde, in Mailande die Südwinde zu. Auch in Mailand treten die Extreme im Winter näher gegen Mittag als im Sommer. Die Gröfse der Schwankungen ist in Mailand im Winter gröfser, im Sommer kleiner als in München, was den dortigen geringeren Schwankungen der Tageslänge entspricht. Stellt man die Resultate der Meridianrichtung beider Orte aus dem Jahresdurchschnitte zusammen, nachdem man für München die Werthe der ungeraden Stunden so gut als möglich interpolirt hat, so ergibt sich:

	München.	Mailand.
Morgens 6 ^h	+ 27,44	— 27,70
8	+ 15,76	— 19,75
9	+ 10,38	— 9,59
Abends 2	— 10,39	+ 9,12
3	— 12,23	+ 10,30
8	+ 7,60	— 5,01
9	+ 11,46	— 19,57
11	+ 14,82	— 29,09

Man sieht hieraus, dafs mit Ausnahme von 9^h und 11^h Abends die absoluten Gröfsen wenig verschieden, die Zeichen aber die entgegengesetzten sind. Es ist übrigens nicht zu übersehen, dafs die Anzahl der Beobachtungsjahre in Mailand nicht grofs ist; wäre dieselbe bedeutender, so würden sich aller Wahrscheinlichkeit nach Aenderungen in den Ziffern ergeben, doch ist nicht wohl anzunehmen, dafs der so deutlich ausgesprochene Typus der Aenderungen eine wesentliche Veränderung erleiden werde.

Während in Beziehung auf die Meridianrichtung nicht wohl ein Zweifel seyn kann, dafs die Schwankungen durch die Alpen hervorgebracht werden, zeigt die Ostwestrichtung in den einzelnen Jahreszeiten nur sehr unregelmäßige Aenderungen des Windes, die auch bei dem Jahresdurchschnitte nicht verschwinden, und es läfst sich nur sehen, dafs in Mailand vom Morgen bis Abend nicht wie in München eine Zunahme, sondern eine Abnahme der Ostwinde statt-

findet. Wenn auch aus dem oben angegebenen Grunde einige Unregelmäßigkeiten in dem Gange der Projectionen erwartet werden konnten, so sind diese doch auf der Ostwestrichtung im Vergleiche mit der Meridianrichtung so bedeutend, daß man eine andere Wirkung vermuthen kann, welche die des wechselnden Standes der Sonne verdeckt. Sucht man nun auf einer guten Landkarte die Lage Mailands gegen die Alpen festzustellen, so ergibt sich alsbald, daß die Wirkung des Gebirges in Mailand nicht wohl in der Meridianrichtung vor sich gehen kann, denn im Nordosten der Stadt dringen die Berge bis Bergamo nach Süden vor, während in Nord und Nordwest nicht nur das Gebirge zurückweicht, sondern auch an deren Stelle als Lago di Como, Lago di Lugano und Lago maggiore Wasserflächen treten, welche die nach jenen Richtungen stattfindende Bergwirkung wenigstens theilweise aufheben. Das Gebirge wird also so wirken, als sey es in einem Punkte concentrirt, der (von Mailand aus) zwischen N und O gelegen ist. Projicirt man die Winde auf die Meridian- und die Ostwestrichtung, so wird erstere die Süd nordcomponirende der Bergwirkung geben, während letztere die Ostwestcomponirende der Berg- und die ganze Sonnenwirkung enthält. In dem Meridiane ist sohin nur eine Wirkung thätig, weshalb dort auch die Schwankungen ziemlich regelmäßig sind; senkrecht auf dem Meridian dagegen sind zwei Kräfte thätig, die einander entgegengesetzt wirken und ihre Wendepunkte zu verschiedenen Zeiten haben. Daraus läßt sich wenigstens zum Theile das Durcheinander in der Ostwestcolumnne erklären, das übrigens auch abnehmen würde, wenn die Zahl der Beobachtungsjahre eine größere wäre, wie man durch Vergleichung des Jahresdurchschnittes mit den einzelnen Jahreszeiten leicht erkennen kann. Bedenkt man, daß durch die Sonne ein Theil der Alpenwirkung für Mailand aufgehoben wird, und daß der letzteren Süd nordcomponirende schon so groß ist, als die ganze Wirkung in München, so ergibt sich, daß dieselbe südlich der Alpen größer seyn müsse als in gleicher Entfer-

nung nördlich (die Entfernung beider Städte von den Bergen ist nicht sehr verschieden) was sich daraus erklärt, daß die Alpen weiter über das südliche Tiefland herausragen, als über die nördliche Hochebene.

D. Karlsruhe.

Die Beobachtungen über die Windverhältnisse von Karlsruhe, welche mir zu Gebote standen, sind die Jahrgänge 1841, 1842 und 1843 und sind den Lamont'schen Annalen für Meteorologie und Erdmagnetismus IV, VII und XI entnommen. Die Beobachtungsstunden sind 7^h, 2^h und 9^h. Karlsruhe liegt in der Rheinebene und hat das Gebirge nicht in der Meridianrichtung wie die drei vorhergehenden Stationen, sondern in Osten. Die beobachteten Winde sind:

Beobachtungsstunde	N	NO	O	SO	S	SVV	W	NW
Winter.								
7 ^h	24	62	17	11	20	117	12	7
2	20	58	18	7	12	119	26	10
9	15	87	7	1	8	127	15	10
Sommer.								
7 ^h	17	60	23	16	20	119	11	10
2	17	39	16	6	17	112	42	27
9	17	68	9	6	14	123	21	16
Jahr.								
7 ^h	80	290	75	47	79	447	48	29
2	83	228	72	26	52	431	128	75
9	72	313	29	20	40	505	59	57

Berechnet man hieraus die Projectionen nicht nur nach den zwei Hauptrichtungen, sondern auch nach den (SW—NO) und (NW—SO) entsprechenden, so ergibt sich:

Beobachtungsstunde	(S—N)	(SVV—NO)	(W—O)	(NW—SO)
Winter.				
7 ^h	12,57	16,21	10,35	—1,57
2	11,00	20,33	17,75	4,77
9	4,97	13,57	14,22	6,54

Beobachtungs- stunde	(S—N)	(SVV—NO)	(VV—O)	(NVV—SO)
Sommer.				
7 ^h	15,96	17,16	8,31	—5,41
2	11,99	29,79	30,15	12,84
9	9,86	20,66	19,36	6,72
Jahr.				
7 ^h	10,09	11,28	5,86	—2,99
2	6,40	18,14	19,25	9,08
9	6,38	15,66	15,78	6,65

Diese Zahlen zeigen die größten Aenderungen in den Richtungen (W—O) und SW—NO). Die westlichen Winde sind am Morgen am wenigsten zahlreich und nehmen bis 2^h zu bis 9^h wieder ab. Im Sommer ist die Aenderung größer als im Winter. Die Veränderung im Stande der Sonne sollte die Wirkung haben, daß vom Morgen an die Westwinde zunehmen; aber die östlich liegenden Berge heben die Sonnenwirkung nicht nur auf, sondern richten außerdem noch den Wind in ihrem Sinne. Die Aenderung nach (NW—SO) ist größer als die nach (SW—NO); es wirkt also das Gebirge nicht rein östlich sondern etwas südlich. Die Massenentwicklung des Schwarzwaldes ist auch in der That südöstlich von Karlsruhe größer als nordöstlich.

E. Mannheim.

Kämtz giebt in seiner Meteorologie I. 217. als das Resultat zwölfjähriger Beobachtungen von Mannheim folgende mittlere Windrichtungen an:

7^h Morgens: Richtung N 24° 5' O Stärke 0,027

2^h Abends: - S 74° 32' W - 0,134

9^h Abends: - S 36° 4' W - 0,010

Werden diese mittleren Werthe in die Componirenden zerlegt, so ergibt sich bei der Reduction auf 90 Tage:

Beobachtungs- stunde	(S—N)	(SVV—NO)	(VV—O)	(NVV—SO)
7 ^h	—2,22	—2,27	—0,99	+0,87
2	3,22	10,49	11,62	5,95
9	0,73	0,89	0,53	—0,14

Hier sind die größten Aenderungen nach den Richtungen (W—O) und (SW—NO), und zwar nehmen die Westwinde zu, zeigen also ein Gebirge im Osten an; es ist der Wechsel nach (SW—NO) größer als nach (NW—SO); also tritt hier der entgegengesetzte Fall von dem in Karlsruhe beobachteten ein, und das Gebirge ist daher auch nicht rein östlich, sondern etwas gegen Norden (der Odenwald). Zwischen Karlsruhe und Mannheim ist die Einsenkung in dem östlichen Höhenzuge, durch den die Eisenbahn von Stuttgart nach Bruchsal geführt wurde.

Die absolute GröÙe der Projectionen.

Wenn es nach dem Vorstehenden wohl als sicher anzunehmen ist, daß die Gebirge einen deutlichen Einfluß auf die Winde ausüben, so läßt sich daraus noch nicht entscheiden, ob diese Wirkung bloß die Folge bei Nacht herabkommender, ob bloß bei Tage aufsteigender Luftströme sey. Es kann das Phänomen von einer einzigen der obengenannten Ursachen herrühren, es können aber auch beide thätig seyn, und es kann hier ein ähnlicher Zweifel stattfinden, wie er längere Zeit bezüglich der Frage herrschte, ob es zwei sich entgegengesetzte Electricitäten oder nur eine gebe. Zur Beantwortung der vorstehenden Frage darf man sich nicht auf die Untersuchung der Aenderung der Projectionen beschränken: es muß auch deren absolute GröÙe berücksichtigt werden.

Wären die Alpen nicht vorhanden, so würde an den Stationen München und Mailand irgend ein Wind herrschen, der eine Projection auf die Meridianrichtung geben würde. Diese Projection wäre im Laufe des Tages wenig veränderlich, und sie wäre auch an beiden Orten ziemlich

gleich groß, denn die Entfernung derselben von einander ist nicht allzu bedeutend, und auf dem hohen Meere geben die Breiten 45° und 48° keine großen Differenzen. Hätten die Alpen keinen eigentlichen Nachtwind, also nur den durch Aufsteigen der Luft hervorgerufenen Tagwind, so müßte am Morgen in München und Mailand nahezu der gleiche Wind herrschen, denn die Wirkung des vergangenen Tages hätte sich über Nacht erschöpft, die des neuen hätte noch nicht begonnen; es müßte der Wind der geographischen Breite entsprechen. Man hat aber am Morgen in München einen Wind von entschieden südlicher Richtung, in Mailand solchen von nördlicher, und diese Verschiedenheit kann nur vom Gebirge herrühren. Nachmittags hat man in München entschieden nördlichen Wind, in Mailand entschieden südlichen; es giebt also auch eigene Tagwinde. Zählt man die einzelnen Projectionen zusammen, so ergibt sich bei München ein Plus der Südwinde, bei Mailand ein Plus der Nordwinde; es sind daher von den beiden durch das Gebirge hervorgerufenen Winden die Nachtwinde die bedeutenderen, die Nachtwirkung ist die stärkere. Wenn von dem Einflusse der Gebirge auf die Luftströmungen die Rede ist, so hat man fast immer nur die aufsteigenden, gegen das Gebirge gehenden im Auge; allein gerade diese sind die unbedeutenderen.

Nimmt man an, die in München auf eine ungerade Stunde treffende (S—N) Projection sey gleich dem arithmetischen Mittel der beiden angränzenden geraden Stunden, und berechnet man dann das Mittel der Stunden 7^h Morgens, 2^h und 9^h Abends, so erhält man $+7,11$, während das Mittel der Peißenberger Beobachtungen $+2,89$ ergibt. Man hat daher auf dem Hohenpeißenberge weniger Südwinde als in München, und die Ursache, welche an letzterem Orte Südwinde hervorruft, ist an ersterem weniger oder gar nicht thätig. Die von den Bergen kommenden Strömungen sind kalte Winde, die nur in den Thälern hinstreichen. Man kann diese Bergwinde von höheren Punkten aus sehr häufig sehen, denn sie führen jene Nebelströme mit sich, welche

enge Gebirgsthler bis zu einer bestimmten Höhe aufllen, am Morgen am stärksten sind und verschwinden, sobald die aufsteigenden Winde beginnen. Auf Höhen wie der Peisenberg werden solche Ströme kaum kommen, da sie sich im Flachlande zu sehr vertheilen können, und man hat daher in Hohenpeisenberg einen weiteren Grund zu den bereits oben angeführten, welche bewirken, da dort die Windnderungen kleiner sind als in München. Wären die Alpen nicht vorhanden, so wäre der Wind in Hohenpeisenberg mehr südlich, in München mehr nördlich, als gegenwärtig gefunden wird, und die Projection (S—N) würde daher auf diesem Theile des Festlandes zwischen 7,11 und 2,89 betragen.

Die beiden Stationen Karlsruhe und Mannheim liegen in der Niederung, sie werden daher auch dem Nachtwinde ausgesetzt seyn; aber dieser ist in Karlsruhe etwas südlich, in Mannheim etwas nördlich. Es mu daher des Nachtwindes wegen der mittlere Werth der Projection (S—N) an ersterem Orte erhöht, an letzterem erniedrigt werden. Diese Werthe sind für Karlsruhe = 7,62, für Mannheim = 0,58, und in der Rheinebene ist daher die Richtung des SW-Stromes nach Abzug der Localeinflüsse nahe oder ganz gleich dem auf der bayerischen Hochebene auftretenden.

Der Mittelwerth der Projectionen (W—O) aus den Stunden 7^h, 2^h und 9^h in München und Hohenpeisenberg ist nachfolgender:

	München	Hohenpeisenberg
Winter	15,49	24,30
Sommer	25,31	23,44
Jahr	18,01	20,15

Im Winter giebt es auf dem Peisenberge mehr Westwinde als in München. Bekanntlich ist der Ostwind der abgelenkte kalte Nordwind, der Westwind dagegen ist ursprünglich warmer Südwind. Löst der Ostwind den Westwind ab, so ist, wenn auch nicht immer doch häufig, der Vorgang der, da der kalte Ostwind sich unter den Westwind hineinschiebt, während dieser seinerseits, wenn er herrschend

wird, sich von oben herab geltend macht. Sind daher zwei Stationen in ungleicher Höhe, so hat die untere den östlichen Wind früher und länger; es muß daher auch bei ihr die Zahl der Projectionen der Ostwinde eine größere [oder (S—W) kleiner] seyn, wie dieses auch der Vergleich von München und Peißenberg giebt. Im Sommer ist die Temperaturdifferenz der beiderseitigen Winde kleiner ¹⁾, wesswegen auch das gegenseitige Verdrängen nach der Höhe zu verschwinden scheint, und die Projectionen (W—O) nahe gleich werden, denn die obige Differenz ist vielleicht nur Folge der nicht genau ausführbaren Interpolation.

An den Stationen Mailand, Karlsruhe und Mannheim wirkt das Gebirge zu Gunsten der östlichen Winde und die Projectionen (W—O) müssen daher kleiner seyn als in München, was auch in der That der Fall ist; doch muß ich gestehen, daß ich die Differenz zwischen Karlsruhe und Mannheim kleiner erwartet hätte. Wirkt vielleicht an letzterem Orte auch der Rhein zu Gunsten der Ostwinde?

Berechnet man nach der Lambert'schen Methode die sogenannten mittleren Winde, so ist es unschwer zu bemerken, daß diese je nach der Wahl der Beobachtungsstunde für ein und denselben Ort sehr verschieden ausfallen können. Berechnet man den mittleren Wind für München aus den einzelnen Stunden, so ergibt sich:

	Richtung	Stärke
2 ^h M.	S 52° 22' W	0,298
4	S 55° 57' W	0,394
6	S 49° 41' W	0,471
8	S 54° 10' W	0,299
10	S 72° 19' W	0,195
12	N 74° 43' W	0,161
2 ^h A.	N 46° 18' W	0,176
4	N 42° 23' W	0,181
6	N 56° 24' W	0,141
8	S 62° 38' W	0,184
10	S 50° 1' W	0,237
12	S 53° 40' W	0,287
Wahres Mittel	S 68° 15' W	0,219

1) Dove, a. a. O. XIV.

In Mailand und Mannheim wechseln mittlere Windrichtung und Stärke noch mehr. Dieser Umstand läßt die Genauigkeit der Bestimmungen von mittlerer Windrichtung in einem sehr zweifelhaften Lichte erscheinen, da es durchaus nicht gleichgültig ist, welche Beobachtungsstunden man hierzu wählt. In München würde sich die letzte Viertelstunde vor 10^h Morgens eignen, und auch die Combination 7^h, 2^h und 9^h giebt kein ganz schlechtes Resultat; ob aber diese Stunden für andere Orte auch gelten, ist schwer zu bejahen. In Hohenpeissenberg, wo die Nachtwinde, die von Süden kommen, fehlen, giebt die erwähnte Combination ohne Zweifel einen zu nördlichen Wind.

An anderen Orten kommen wieder andere Localeinflüsse und es dürfte wohl nothwendig seyn zuerst diese Wirkungen näher zu untersuchen, ehe man aus der Vergleichung vieler auf einer gegebenen Ländermasse zerstreuter Orte Schlüsse von Bedeutung auf die größeren Luftströmungen ziehen kann. Die Resultate, die man aus der Vergleichung der Beobachtungen mittleren Windes auf dem Festlande bisher erzielt hat, sind daher auch ziemlich zweifelhaften Werthes; man muß sich für jetzt fast durchaus auf die auf dem hohen Meere gemachten Beobachtungen beschränken. Das beste Mittel zur Auffindung der Localeinflüsse wären wohl an verschiedenen Orten gleichzeitige Beobachtungen und Vergleichung der einzelnen Resultate.

Die von den Höhen der Berge herabkommenden Luftströme haben offenbar eine niedrigere Temperatur als die Luft unmittelbar über der Ebene. Die Bergwinde sind stärker als die von der Ebene hinaufgehenden Landwinde, und jedenfalls sind die eine gegebene Station passirenden derselben nur wenig wärmer als die am Orte selbst. Die Bergwinde erkälten, die Landwinde dagegen erwärmen wenig oder gar nicht, und das Facit muß daher seyn, daß das Gebirge die Temperatur des umgebenden Flachlandes erniedrigt. Da das Gebirge vorzugsweise geeignet ist, die kalten Luftströme der Höhe in die wärmeren Tiefen herabzuführen, so muß auch in der Nähe der Berge der Tem-

peraturwechsel ein rascherer werden. Es ist bekannt, daß an Orten, die dem Gebirge nahe liegen, die Abende selbst im Hochsommer so kühl sind, daß man sich leicht Erkältungen zuzieht, wenn man sich in leichten Kleidern in's Freie setzt. München ist dieses Umstandes wegen bis zum Lächerlichen verschrien. Es soll dabei der Einfluß der Abkühlung durch Strahlung durchaus nicht geläugnet werden; allein bei einer Höhe von 1600 Fufs kann diese Wirkung doch nicht so bedeutend von der der Niederungen verschieden seyn, da noch dazu München durch seine starke Wolkendecke geschützt ist, denn die mittlere Bewölkung beträgt in den Sommermonaten 2,71, 2,64 und 2,57, im Jahresdurchschnitte 2,84 Viertheile des ganzen Himmels¹⁾ und das kann man eben doch nicht einen ewig heitern Himmel nennen. Vergleicht man die Temperaturextreme, welche in den einzelnen Monaten an Orten beobachtet werden, die sich in verschiedener Entfernung vom Gebirge befinden, so ergibt sich, daß die Schwankungen in der Nähe der Berge größer sind. Nachstehende Tabelle giebt den mittleren Werth der Temperaturextreme von Kempten²⁾, Bogenhausen³⁾ und Dillingen⁴⁾ in Réaumurgraden.

Monat	Kempten			Bogenhausen			Dillingen		
	Max.	Min.	Diff.	Max.	Min.	Diff.	Max.	Min.	Diff.
Januar	6°,6	-16°,2	22°,8	6°,2	-12°,6	18°,8	5°,0	-10°,8	15°,8
Februar	7°,6	-17°,2	24°,8	8°,5	-12°,5	21°,0	7°,0	-11°,0	17°,0
März	11°,9	-11°,8	23°,7	12°,0	-7°,5	19°,5	10°,7	-7°,3	18°,0
April	17°,7	-5°,0	22°,7	16°,3	-2°,3	18°,6	15°,4	-3°,3	18°,7
Mai	20°,8	-0°,8	21°,6	19°,7	0°,8	18°,9	18°,2	0°,9	17°,3
Juni	24°,8	2°,2	22°,6	22°,5	4°,4	18°,1	21°,4	3°,9	17°,5
Juli	25°,5	4°,2	21°,3	23°,3	5°,9	17°,4	22°,5	6°,6	15°,9
August	25°,5	3°,3	22°,2	22°,6	5°,7	16°,9	21°,4	5°,9	15°,5
Sept.	21°,3	0°,5	20°,8	19°,2	1°,6	17°,6	16°,4	2°,0	14°,4
October	20°,1	-1°,8	21°,9	16°,3	-1°,3	17°,6	14°,3	-0°,3	14°,6
Nov.	12°,8	-12°,0	24°,8	10°,0	-6°,3	16°,3	8°,0	-6°,2	14°,2
Dec.	7°,2	-18°,3	25°,5	7°,2	-9°,5	16°,7	5°,3	-8°,0	13°,3
Durchschnitt	22°,9			18°,1			16°,1		

1) Lamont, Monatl. und jährl. Resultate der an der Königl. Sternwarte bei München veranstalteten meteorologischen Untersuchungen. LXX.

2) Achtzehnjährige Beobachtungen des Hrn. Hofapothekers Fuchs, Msc.

3) Lamont, Monatl. und jährl. Resultate etc. 29 Jahre.

4) Achtzehnjährige Beobachtungen des Hrn. Prof. Dr. Pollak, Msc.

Man sieht bieraus, daß die Temperaturschwankungen um so kleiner werden, je mehr man sich vom Gebirge entfernt.

Wenn in der Nacht vom Gebirge ausgehende Luftströmungen im Flachlande wehen, so ist nothwendig, daß in der Höhe der Wind gegen das Gebirge geht, um das dortige Deficit an Luft zu decken. Geht am Tage der Wind unten gegen das Gebirge, so muß sich die Luft oben ausbreiten und die Folge davon werden Erscheinungen seyn, die man auch anderwärts beobachtet, wo das Aufsteigen der Luft sehr bedeutend ist. An dem Gebirge findet ein Vorgang statt, der viele Analogie mit jenem der Calmenzone zeigt und in seinem Gefolge muß eine analoge Wirkung seyn, die Erhöhung der Regenmenge. Wäre das angränzende Flachland eine Wasserfläche, so müßte das aus derselben aufsteigende Wasser sich in der Höhe condensiren und massenhafte Regen würden die Folge seyn. Ist jedoch das Flachland Land, so wird die Verdunstung natürlich nicht so groß seyn; sie ist aber doch darum nicht zu übersehen, denn sie macht nach v. Souklar¹⁾ im Donaugebiete etwa 9 Zehnthelle der ganzen Regenmenge aus. Dazu kommt noch der von v. Souklar angeführte Umstand, daß in der Nähe der Gebirge Luftmassen von verschiedener Wärme viel leichter Gelegenheit geboten wird, sich durcheinander zu mischen als dieses anderwärts der Fall ist. Diese beiden Ursachen wirken auf jedem Abhange eines Gebirges dahin, die Regenmenge zu erhöhen; und mit ihnen verbindet sich noch die durch den mechanischen Widerstand der Berge hervorgebrachte Stauung der feuchten Südwestströme auf der Wetterseite des Gebirges, welche Dove nachgewiesen hat, die besonders dazu beiträgt, die Regenmenge auf der Süd-, West- und Südwestseite größer zu machen als die, welche auf dem entgegengesetzten Abhange gefunden wird.

1) Grundzüge einer Hyetographie des österreichischen Kaiserstaates in den Mittheilungen der Kaiserl. Königl. geogr. Gesellschaft, 1860 S. 217.

VI. Ueber die Aenderung des Tones und der Farbe durch Bewegung;
von Dr. Ernst Mach in Wien.

Im 112. Bande dieser Annalen befindet sich eine Abhandlung gleichlautenden Titels. Das Folgende soll dieselbe vervollständigen.

A. Theoretisches.

I. Unmittelbar nach der genannten ersten Abhandlung erschien ein Aufsatz von Prof. Petzval¹⁾, von welchem es schwer zu entscheiden ist, ob derselbe einen Angriff gegen meine Arbeit enthalten soll, oder dieselbe vielmehr vornehm ignoriren will. Petzval spricht mit einer gewissen Herablassung auch von den Bestrebungen meiner Wenigkeit und zieht, wie ich gestehen muß, sehr siegreich gegen die falschen Vorstellungen los, die er sich von meinen Ideen über die Doppler'sche Theorie macht. Der unbefangene Leser findet übrigens, Petzval's und meinen Aufsatz vergleichend, daß der erstere keinen Angriff enthält, der auf irgend einen Punkt des letzteren passen würde²⁾. Es sey mir deshalb erlassen, diese Arbeit speciell zu besprechen.

In Schlömilch's Zeitschrift für Mathematik und Physik (1861, 2. Heft) habe ich die mathematischen Einwendungen Petzval's gegen Doppler näher betrachtet und folgende Sätze festgestellt:

1. Das Princip der Erhaltung der Schwingungsdauer³⁾ sagt aus, daß bei einer permanenten Strömung in einem

1) Sitzungsberichte d. k. k. Akademie d. Wissensch. Bd. 41, S. 581.

2) So beruft sich z. B. Petzval auf die Ångström'schen Versuche, ohne meine bereits früher gegebene Widerlegungen derselben zu berücksichtigen.

3) Petzval, Sitzungsber. VIII. Bd. S. 567.

Medium, wenn irgendwo Schwingungen erregt werden, an jedem beliebigen aber mit der Zeit unveränderlichem Orte, die Schwingungsdauer dieselbe, also durchgängig constant sey. — Doppler's Satz lehrt die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der relativen Geschwindigkeit der Wellenquelle und des Beobachters. — Beide Sätze beziehen sich also auf verschiedene Fälle. — Wollte man aus Petzval's Princip die Unrichtigkeit des Doppler'schen Satzes folgern, so wäre dieß ein Schluß von beiläufig folgender Art: An den Punkten *A, B, C* erfährt ein ruhender Körper keinen Widerstand des Mittels, also hat er auch keinen solchen zu erleiden, wenn er sich durch die Punkte *A, B, C* bewegt.

2. Die Anwendung des Petzval'schen Principes auf den Doppler'schen Fall beruht auf einem Mißverständniß. Petzval meint in seiner mathematischen Deduction die relative Bewegung von Wellenquelle und Beobachter durch eine Strömung des Mediums ersetzen zu können, was aber unstatthaft ist. Man kann dieß so wenig als man überhaupt zwei Bedingungen, zwei Gleichungen durch eine Bedingung, eine Gleichung zu ersetzen vermag. Petzval's Princip sagt also nicht mehr, als daß Wind und Wetter auf die Tonhöhe keinen Einfluß haben. Populär könnte man das Verhältniß beider Gesetze, des Petzval'schen so veranschaulichen. Wenn man Prof. Petzval, etwa für die Erfindung seines Principes, ein Ständchen brächte, so würde dieses selbst bei weniger gemüthlichem Wetter in derselben Tonart, ebenso harmonisch und melodisch zu seinen Fenstern hinauftönen, wie am schönsten Maimorgen. Dagegen könnte man nach Doppler von der Höhe herabfallend einen Chor aus E-dur ganz wohl in F-dur hören. Um übrigens zu diesen Resultaten zu gelangen hätte es nicht der weitläufigen Rechnungen Petzval's bedurft. Die Doppler'sche Anschauungsweise lehrt dasselbe. Es ist offenbar gleichgültig, ob von der Quelle *A* zum Beobachter *B* eine Strömung von der Geschwindigkeit *c* geht, oder ob *A* und *B* sich gleichzeitig beide mit der Geschwin-

digkeit c in entgegengesetzter Richtung bewegen, während das Medium ruht. Setzen wir nun in der Formel

$$\tau' = \tau \cdot \frac{7-x}{7-c}$$

$x = c$, was die obige Bedingung ausdrückt, so erhalten wir $\tau = \tau'$, d. h. die Tonhöhe wird nicht geändert, wenn Quelle und Beobachter sich mit gleicher Geschwindigkeit nach gleicher Richtung bewegen, oder wenn in entgegengesetzter Richtung das Medium strömt.

3. Dafs Petzval in zwei späteren Aufsätzen ¹⁾ den Doppler'schen Satz auf strengere Weise herleitet als Doppler, befestigt die Ueberzeugung, dafs zwischen beiden Sätzen kein Widerspruch besteht. Und doch beruft sich Petzval immer auf sein Princip, wenn er Doppler angreift.

Obwohl nun die bezeichneten Irrthümer ganz elementare sind, versäumte Hr. Prof. Petzval doch keine Gelegenheit (namentlich in dem Aufsätze »über ein allgemeines Princip der Undulationslehre«) die höhere Analysis für eine Grossmacht zu erklären. In einer unheimlichen Einleitung spricht er von den Geistern der Differentialgleichungen und thut mit diesen so geheimnissvoll, dafs dem Leser unwillkürlich die Worte beifallen: »Mein Freund das lerne wohl verstehn, diefs ist die Art mit Hexen umzugehn!«

B. Experimentelles.

1. Einen Apparat um die Tonänderung durch Bewegung experimentell direct nachzuweisen, sowie die mit demselben durchgeführten Versuche habe ich bereits in der früher citirten Abhandlung beschrieben. Es gelang mir nun durch eine geringe Modification den Apparat so einzurichten, dafs man an demselben sowohl den Doppler'schen Satz als auch das Petzval'sche Princip zugleich demonstrieren kann, zum Beweise, dafs beide sich nicht widersprechen. Eine Stange ab , welche bei a ein Schnurpfeifchen trägt, rotirt um die Axe cd . Durch den Schlauch fed

1) Sitzungsberichte IX. S. 699.

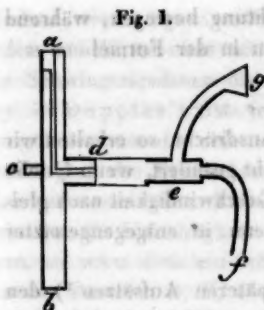


Fig. 1.

und die Bohrung *da* wird mittelst eines Blasebalgs dem Pfeifchen *a* während der Rotation Luft zugeführt. Bringt man nun bei *e* ein Seitenrohr an, welches bei *g* mit einer elastischen Membran verschlossen ist, so hört man von außen, wegen der fortwährenden Aenderung der Geschwindigkeit des *a* gegen das Ohr des Beobachters ein Schwanken des Tones (Doppler's Satz). Dagegen vernimmt man bei *g* einen vollkommen constanten Ton, da hier die Entfernung *geda* unveränderlich ist. Der bei *g* gehörte Ton ist nun derselbe, den *a* überhaupt giebt, wenn es ruht, obwohl hier zwischen *g* und *a* eine permanente Strömung von bedeutender Geschwindigkeit in der Richtung *eda* stattfindet. (Petzval's Princip.)

2. Ein directer experimenteller Nachweis des Gesetzes für die Farbe ist der großen Lichtgeschwindigkeit wegen bisher noch nicht möglich gewesen. Fizeau¹⁾ hat durch Messungen gezeigt, daß das Licht in einem bewegten Körper anders gebrochen wird als in einem ruhenden. Er verwandelte nämlich die größte uns zu Gebote stehende Geschwindigkeit, die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, und untersuchte die mit der Brechung zusammenhängende Ablenkung der Polarisationssebene. Es zeigte sich eine meßbare Differenz in dieser Ablenkung, je nachdem der brechende Körper dem Lichte mit der Geschwindigkeit der Erde entgegen kam oder demselben entfloß. Es ist hier nicht der Ort auf die Einwendungen von Faye²⁾ gegen Fizeau einzugehen, welche übrigens, wie mir scheint, die Fizeau'sche Methode gar nicht treffen.

Mit Rücksicht auf Fizeau's Messungen erlaube ich mir nun ein Experiment vorzuschlagen, welches in der nö-

1) *Comptes rendus* I. 49. p. 717 und Pogg Ann. Bd. 109.

2) *Comptes rendus* I. 49. p. 870.

thigen Feinheit auszuführen, ich selbst nicht in der Lage bin. Man stelle um die Mittagszeit, in ähnlicher Weise wie Fizeau seine beiden Planspiegel, zwei Interferenzspiegel



A, B auf. In der Richtung des Pfeiles ab falle das Sonnenlicht ein, in der Richtung cd bewegen sich vermöge der Geschwindigkeit der Erde die beiden Spiegel A und B , so daß augenscheinlich A so zu sagen das Licht auffängt, während B dem Lichte entflieht. An einem bewegten Körper wird nicht nur die Richtung der Reflexion eine andere, sondern auch die Wellenlänge wird geändert, wie dies auch bei den bekannten Eisenbahnversuchen beobachtet wurde. Ist nun, wie Fizeau gezeigt hat, die Geschwindigkeit der Erde groß genug, um einen merklichen Einfluss auf das Azimut der Polarisations Ebene zu äußern, so dürfte auch die Differenz der Wellenlänge des von A und B reflectirten Lichtes, demnach der Unterschied der von beiden Spiegeln herrührenden Interferenzstreifen meßbar seyn, namentlich bei dieser Disposition, wo uns noch das Princip der schiefen Ebene zu gut kommt.

C. Anwendung der Theorie.

In meiner ersten Abhandlung über diesen Gegenstand gab ich eine Methode an, aus der Farbenänderung eines Sterns dessen Bahnelemente zu bestimmen. Peters hebt (in den »Astronomischen Nachrichten« 1860) hervor, daß Lamont diesen Gegenstand schon früher besprochen habe. Es scheint mir übrigens, als ob Lamont den Gedanken nie so klar und bestimmt ausgesprochen hätte, wie dies in meiner Abhandlung geschieht. Man dürfte sich hievon am einfachsten überzeugen, wenn man den Artikel, auf welchen Peters sich bezieht, in Lamont's Astronomie und Erdmagnetismus nachliest. Diese Sache hat übrigens um so geringere Wichtigkeit, als die Methode wahrscheinlich keine praktische Anwendung finden wird.

Mädler ¹⁾ hat nämlich, wie mir scheint, durch sehr triftige Gründe nachgewiesen, daß sämtliche bisher bestimmte kosmische Bewegungsgeschwindigkeiten zu klein seyn, um merkliche Farbenveränderungen zu bewirken. Die Methode dürfte demnach in höchst seltenen Fällen, vielleicht auch gar nicht anwendbar seyn. Uebrigens muß ich hier bemerken, daß Messungen am Spectrum wohl auch dann noch zu Resultaten führen könnten, wenn durch das Auge keine Farbenänderungen mehr wahrzunehmen sind. Solche Messungen sind dann schon deshalb zu beachten, weil ihre Genauigkeit von der Entfernung unabhängig ist, weil sie also dort anfangen von Werth zu seyn, wo die Parallaxe unbrauchbar wird. — Ferner ist aufrecht zu halten, daß man nicht mit demselben Rechte die Erklärung aller beobachteten *Farben* und die Erklärung der *Farbenänderung* der Sterne durch die Doppler'sche Theorie verwirft. Daß die Theorie am Himmel keine Anwendung findet, hat natürlich mit ihrer Richtigkeit nichts zu schaffen.

Diese Controverse scheint mir nun im Wesentlichen abgeschlossen zu seyn. Die Hauptresultate sind folgende:

- 1) Was gegen den Doppler'schen Satz, betreffend die Ton- und Farbenänderung durch Bewegung, von Seite der Theorie und des Experimentes eingewendet wurde, beruht auf Mißverständnissen.
- 2) Trotzdem daß die Theorie richtig ist, findet sie wahrscheinlich keine Anwendung auf die Erklärung der Farben der Sterne.

An diesen Resultaten können wir, wie ich glaube, um so mehr festhalten, als der Hauptgegner Dopplers, Hr. Prof. Petzval seit längerer Zeit durch Schweigen seine Zustimmung zu erkennen giebt.

- 1) Ueber kosmische Bewegungsgeschwindigkeiten. Sitzungsber. der k. k. Akad. zu Wien 1861, Februar, S. 285.

VII. *Der Präcisirungsbogen an analytischen und andern Waagen;*

von F. L. von Gallois (*Wallis*).

Bekanntlich geht beim Bestimmen genauer Gewichtsäquivalente an den analytischen Waagen für den Experimentirenden sehr viel Zeit durch das Auflegen und Abnehmen der feineren Gewichte oder auch selbst durch Gebrauch der sogenannten Milligrammhäkchen verloren, und es läßt sich nur durch häufiges Arretiren theilweise diesem Uebelstande abhelfen. Einen besonderen Nachtheil hat dieser Zeitverlust natürlich beim Wägen stark hygroskopischer Körper usw. Sehr oft wird auch auf den gleichmäßigen Ausschlag des Zeigers gar nicht gewartet, sondern die letzte, auch die vorletzte Stelle nach der augenblicklichen Schwankung beurtheilt. Wenn auch nicht zu läugnen ist, daß diese Schätzungen bei vieler Uebung und hinreichender Kenntniß des Instrumentes ziemlich richtig ausfallen, so ist doch immerhin eine Wägungsmethode vorzuziehen, bei der diese Mängel in geringerem Grade oder gar nicht vorkommen.

Durch Anwendung des *Präcisirungsbogens* wird dies erreicht; die Vorrichtung bedingt kein oftmaliges zeitraubendes Arretiren, im Gegentheil, es wird *dadurch* ganz unnöthig, daß die Wägungsmanipulation zur Beruhigung des Instrumentes wesentlich beiträgt; auch wird selbst bei mittelmäßigen Waagen ein Grad von Genauigkeit möglich gemacht, welcher bei dem gewöhnlichen Vorgange nicht leicht erreicht werden dürfte. Der *Präcisirungsbogen* kann nebst dem dazu gehörigen *Verschiebungsapparate* bei jedem schon im Gebrauche stehenden Instrumente angebracht werden, und noch ein anderer nicht minder zu berücksichtigender Vortheil ist der, daß man damit im Stande ist, die exactesten Wägungen im luftverdünnten Raume vorzunehmen.

Durch Benutzung des Bogens wird aus der gleicharmi-

gen (sogenannten Krämerwaage) eine Combination aus dieser mit der Schnellwaage, wie dasselbe übrigens auch beim Gebrauche der Reiterhäkchen stattfindet.

Fig. 7 Taf. II zeigt die obere Ansicht einer Waagebalkenhälfte mit dem Präcisirungsbogen; *a* stellt den Balken dar mit dem *Bogen e* sowie mit dem *Indicator d*; — *e* ist als integrierender Theil des ganzen Balkens unverrückbar an demselben befestigt (am zweckentsprechendsten wird die rechte Balkenhälfte dazu benutzt). Der Bogen selbst besteht entweder aus demselben Metall, wie der Waagebalken oder noch besser aus Aluminium; sein Durchschnitt wird im vergrößerten Maassstabe in Fig. 8 bezeichnet: an der äussern senkrechten Fläche ist eine Eintheilung von 0° bis 180° angebracht. Der obere Theil, ein Kugelsegment bildend, ist auf das sorgfältigste polirt; um eine Verschiedenheit des Indicators (*d*) mit der möglichst geringsten Reibung bewerkstelligen zu können.

Der Nullpunkt der Scale befindet sich nächst dem Aufhängungspunkte des Instrumentes, und nur an dieser Stelle ist die obere Fläche des Bogens durch einen entsprechend geringen, aber scharf ausgeführten Einschnitt unterbrochen, um ohne weiteren Zeitverlust den Indicator auf diesen seinen Normalstand genau einstellen zu können.

Im Centrum des einen Halbkreis beschreibenden Bogens befindet sich der Drehungspunkt des Indicators, welcher aus feinem hartem und deshalb gut federndem Platindraht besteht; er ragt etwa 6^{mm} über den Bogen hinaus, ist an einem Ende leicht nach abwärts gebogen und trägt eine kleine Elfenbeinkugel an einer Spitze, deren Durchmesser sich nach der Feinheit des Instrumentes sowie auch nach dem geforderten Genauigkeitsgrade richtet. Etwa in der Mitte des Drahtes ist eine zur Drehungsebene desselben vertical gestellte Visirvorrichtung angebracht, die ein genaues Ablesen der jeweiligen Stellung zulässt. Fig. 9 bezeichnet die Gestalt des Indicators: *a* ist der Aufhängepunkt, *b* das eigentliche Gewicht, *c* die Visirvorrichtung.

Zur genauen Gradablesung an den Theilen des Bogens,

welche dem Auge des Beobachters weniger zugänglich sind, wie etwa von 0° bis 50° und von 130° bis 180° (besonders wenn das Instrument sich in geschlossenem Raume befindet) können verschiebbare und auch feststehende Spiegel angewendet werden, deren zweckmäßige Anbringung den Händen des Mechanikers überlassen bleibt; ich bemerke hier nur, daß ihre Anwendung die Arbeit am Instrumente durchaus nicht beirrt und auch von keinerlei Umständen begleitet ist.

Zur Dirigirung des Indicators wird ein ganz einfacher Mechanismus benutzt: eine senkrecht unter dem Drehungspunkte des Drahtes aufgestellte, um ihre Axe bewegliche und oben rechtwinklich gebogene Kurbel (Fig. 10 Taf. II) (a) trägt ebenfalls in einem rechten Winkel an ihrer Spitze eine Gabel (c) aus feinem Draht, deren beide Theile parallel zu einander stehen; sie sind zur Führung des Indicators, welchen sie einschließen, bestimmt, und stehen so weit von dem senkrechten Theile der Kurbel ab, daß sie sich in der Entfernung von ohngefähr 2^m außerhalb des Bogens um denselben bewegen. Am unteren Ende der Kurbel ist eine Scheibe (d) befestigt, welche mit einer andern Doppelscheibe (ef) durch Transmission in Verbindung steht; sie ist um ein Abwägen bei vollkommen geschlossenem Raume möglich zu machen, außerhalb des Glaskastens aufgestellt. Es versteht sich von selbst, daß die Gabel eine gehörige Länge haben muß, um beim Heben des Balkens den Indicator erreichen zu können.

Einen besonderen Werth dürfte der *Präcisirungsbogen* haben, wenn es darauf ankommt, Wägungen unter den Recipienten der Luftpumpe vorzunehmen. Bei Revidirung stöchiometrischer Verhältnisse, Elementaranalysen, usw. muß es von unbedingtem Vortheile seyn, bei theilweiser Aufhebung des atmosphärischen Drucks, bei absolut trockner Luft, oder einem bestimmten Feuchtigkeitsgrade usw. die Wägungen mit aller Sicherheit und in einem, so zu sagen, vollkommen abgeschlossnem Raume vornehmen zu können; hier giebt uns die Elektrizität die Mittel dazu an die Hand, während unter

dem Recipienten eine elektromagnetische Hebelvorrichtung auf die Kurbel einwirkt, wird dieselbe durch einen von außen angebrachten Commutator in einem oder dem andern Sinne in Drehung versetzt. Es wird keinem Mechaniker, welcher im Bau telegraphischer Apparate erfahren ist, besonders schwer fallen, eine zweckmäßige und compendiöse Construction anzuwenden. Zu bemerken ist nur noch, daß es auch beim Wägen unter der Luftpumpe einer veränderten Form der Waage selbst bedarf, niederes Gehänge, keine Arretirung, leichterer Balken.

Will man die Anwendung des Verschiebungsapparates umgehen, so kann auch der Indicator mit freier Hand bewegt werden; man gebraucht dazu eine Pincette, deren ein Ende in eine kurze Gabel ausgeht. Die Art und Weise der Manipulation ist natürlich für jeden Einzelnen individuell; ich kann jedoch nicht unterlassen, die mir als am zweckmäßigsten vorgekommene Methode anzuwenden. Mit aufgestütztem Arm hält man die Gabel, welche am besten in der Mitte cylindrisch ist, mit dem Daumen gegen sich hingekehrt, während die anderen Finger an der entgegengesetzten Seite leicht anliegen; dadurch können zwei Bewegungen erreicht werden, nämlich eine *grobe* in der Weise, daß man bei vollkommener Ruhe des Oberarmes ein Neigen der Pincette nach rechts oder links bewirkt, eine *feine* durch langsames Drehen desselben um ihre Axe, womit ein geringes Fortrücken mit einer Spitze verbunden ist; die erste Bewegung kann bei Veränderungen über 2° , die letztere bei solchen unter diesem Abstände angewendet werden. Der Indicatordraht wird nur in der Nähe und außerhalb des Bogens berührt.

Immerhin ist jedoch die oben beschriebene Vorrichtung zur Verschiebung des Indicators der Behandlung mit freier Hand vorzuziehen; durch sie gelingt es, den Draht mit der größten Sicherheit und in der kürzesten Zeit auf den erforderlichen Punkt einzustellen.

Beim Gebrauch des *Präcisirungsbogens* läßt sich auf leichte Weise bestimmen, welches Moment der Indicator bei

der Abwägung besitze. Ist nämlich für eine bestimmte Stellung sein Moment bestimmt, so ergibt sich daraus alles für jede andere Stellung, indem die Verhältniszahlen dieser Momente sich einfach ergeben durch die Bemerkung, daß im ersten Quadranten, d. i. im Bogen zwischen Aufhängpunkte der Waage und dem des Indicators (Fig. 1 Taf. II *acf*) die *Unterschiede* der Einheit und der den einzelnen Winkeln entsprechenden Cosinuse dieselben liefern, während im zweiten Quadranten (*bcf*) dasselbe durch die *Summe* der Einheit und der entsprechenden Cosinuse bewerkstelligt wird, natürlich vorausgesetzt, daß man von der Gleichgewichtslage ausgehe.

Ist $AC = CB$ (Fig. 11 Taf. II) die Länge a eines Waagebalkenarmes, $MC = b$ die Entfernung des Mittelpunktes vom Aufhängepunkt, q das Gewicht und $MN = \rho$ die Entfernung des Schwerpunktes des Indicators vom Punkte M ; P und Q Gewicht und Belastung der Waage, so muß bei obiger Lage des Indicators, wenn Gleichgewicht herrschen soll:

$$QCB = PAC + qCS$$

$$(Q - P)CB = q(CM - MS)$$

$$(Q - P)a = q(b - \rho \cos \alpha)$$

$$Q = P + q \left(\frac{b - \rho \cos \alpha}{a} \right)$$

$$Q = P + q \frac{b}{a} - q \frac{\rho}{a} \cos \alpha.$$

Der Umstand, daß bei dem Präcisirungsbogen der Angriffspunkt außerhalb der Schwingungsebene des Balkens liegt, ist bei der Leichtigkeit der Vorrichtung gegenüber dem ganzen Instrumente ein verschwindender Fehler. Allerdings wäre es von großem Vortheile, die Vorrichtung (deren Scale dann noch leichter ausfallen könnte, weil die Schleiffläche wegfiel) in senkrechter Lage anzubringen; es ist mir jedoch nicht gelungen, eine geeignete Befestigungsart des Indicators zu erdenken, bei welcher alle an ihn zu stellenden Anforderungen erfüllt wären, nämlich hinlänglich leichte gleichmäßige Beweglichkeit mit der Eigenschaft ver-

bunden auch in jeder von der Senkrechten abweichenden Stellung verharren zu können.

Wie die Waage aus den Händen des Mechanikers kommt, muß sie sich bei abgenommenen Schalen und auf dem Nullpunkt eingestellten Indicator im vollkommensten Gleichgewichte befinden. Zur Entwerfung der Aequivalententabelle wird in der Art vorgegangen, daß man zuerst die Totalwirkung des Bogens und dann sprungweise die einzelnen Werthe tarirt und notirt. Nöthig ist es, daß man *sprungweise* vorgehe, um jede mögliche Täuschung, die allenfalls auch durch eine Trägheit des Instrumentes hervorgerufen seyn kann, zu vermeiden.

Hat man bei einer Einstellung von 180° den Werth z. B. von 0,0680 Grm. gefunden, so versteht es sich von selbst, daß bei den Wägungen bis zu diesem Aequivalente wenigstens, gewöhnliche Gewichte angewandt werden, von da an wirkt der *Präcisirungsbogen*; nahe dem zu suchenden Punkte treten natürlich Schwankungen ein, es wird dann nur bei der entsprechenden Bewegung des Balkens weiter gerückt, man bewirkt dadurch nebenbei ein Beruhigen des Instrumentes. Zu große Schwankungen können durch ein leichtes Anlegen der Gabel an den Indicator beseitigt werden. Gesetzt, es wäre der Maximalausschlag des Bogens, wie schon oben bemerkt, 0,0680 Grm., so wird man finden, daß bei einem Halbmesser von 1^m die Abstände zwischen den einzelnen Milligramme-Werthen schon bedeutend sind, was, abgesehen von der besseren Handlichkeit des Apparates, schon einen Vorzug vor dem Gebrauche der sogenannten Reitergewichte bedingt, da beide nutzbaren Flächen sich zu einander verhalten wie 1 : 3,1415.

Eine öftere Controle der Aequivalententabelle wird nur bei solchen Instrumenten nöthig seyn, die vor einer unachtsamen Hand nicht gesichert sind, denn es leuchtet ein, daß bei der geringsten Gestaltsveränderung des Indicatorrahtes, durch ein unvorsichtiges Anstoßen und dergl. hervorgebracht, sich auch die Tabelle ungenau erweisen kann, aus welchem Grunde das Anbringen einer *Kreisein-*

theilung am Bogen und nicht einer Scale der directen Gewichtswerthe zu empfehlen ist.

Zum Beweise, mit welcher Sicherheit und Schnelligkeit man mit dem Präcisirungsbogen arbeiten kann, führe ich hier zwei Gewichtsanalysen an, deren Ausführung mit Instrumenten herkömmlicher Construction wohl in dieser Art nicht leicht möglich ist. Die Einstellung des Indicators geschah mit freier Hand, da derlei Versuche zu einer Zeit ausgeführt wurden, an der die Verschiebungsvorrichtung noch nicht construiert war.

Verdampfung von Alkohol.

Ein cylindrischer Glasbecher mit Alkohol gefüllt und mit einer geschliffenen vollkommen aufliegenden Glasplatte geschlossen

Alkohol = 80° Tralles

Verdunstungsfläche = 0,090 Quadratmeter

Temperatur an der Luft = 11,00°

Barometerstand (red. auf 0°) 26" 9,60 (Stand. Kremsmünster).

Der bedeckte Glasbecher wurde tarirt, die Platte abgenommen und mit dem Indicator in den bezeichneten gewogen:

Beobachtungszeit	Gewicht
0 Sek.	Tara
15	0,0043
25	0,0075
45	0,0125
50	0,0155
65	0,0210
80	0,0256
95	0,0283
115	0,0344
130	0,0398
140	0,0442
170	0,0520
185	0,0573
d. i. in 3 Min. 5 Sek.	0,0573 Grm. Alkohol-Verdunstung

Beobachtungszeit	Gewicht
0 Sek.	Tara
20	0,0150
25	0,0215
35	0,0286
45	0,0355
55	0,0467
60	0,0490
70	0,0565
85	0,0680

in 1 Min. 35 Sek. 0,0680 Grm. Aether-Verdunstung.

Es ist aus diesen beiden Beispielen leicht zu erkennen, von welchen unbedingten Vortheilen die neue Einrichtung begleitet ist.

Jena im August 1861.

VIII. *Mittheilung über die magnetischen Störungen im September 1859; von Dr. H. W. Schröder van der Kolk in Maestricht.*

Vielleicht hat es noch einiges Interesse einige magnetische Beobachtungen mitzutheilen, welche während des Nordlichtes im Sept. 1859 zu Utrecht angestellt worden sind. Ich war damals mit galvanischen Widerstandsmessungen beschäftigt, welche von diesen magnetischen Störungen oft gehindert wurden. Am 2. Sept. war das Observiren ganz unmöglich, weshalb wir uns entschlossen, die magnetischen Schwankungen selbst zu observiren. Wie früher beschrieben worden ist ¹⁾, waren für meine Versuche zwei Magnetometer aufgestellt, ein sogenanntes Galvanometer und eine Tangentenbussole. Ersteres wurde von Hrn. Debbets,

1) Diese Annalen Bd. 110, S. 452.

Phil. Cand. zu Utrecht, letztere von mir abgelesen. Wir sahen die beiden Nadeln in fortwährender Bewegung. Da diese aber beim erstgenannten Instrumente mit einem kräftigen Dämpfer versehen war, der dem zweiten fehlte, meinte ich die Störungen möchten hierdurch modificirt werden. Indessen stellte sich heraus, daß dieses nicht der Fall war, und beide Nadeln standen nach einer starken Schwingung zu gleicher Zeit still.

Nachdem wir uns überzeugt hatten, daß der Dämpfer ohne Einfluß war, beobachteten wir in der Folge nur das Galvanometer. Einer las den Stand der Nadel ab (dies geschah mittelst Fernröhre und Scale) indem der Andere zu gleicher Zeit den Stand der Chronometer aufschrieb. Hierdurch wurde es uns möglich später die Bewegungen der Nadel ganz genau graphisch aufzuzeichnen. Einige dieser Beobachtungen sind hier unten mitgetheilt.

Die Scalentheile sind Centimeter. Ein Centimeter in der Mitte der Scale deutet einen Ausschlag der Nadel von 7' an.

2. Sept. Nachmittags.

	Scale.		Scale.
2 ^h 27 ^m 10 ^s	17,4	2 ^h 40 ^m 0	15,4
28 35	13,6	41 20	13,7
29 20		45 0	21,0
30 0	11,5	47 55	18,6
31 20	8,3	50 0	23,2
34 55	19,3	50 30)	23,8
36 42	15,8	50 45)	
39 25	16,1	51 10	19,3.

Die Angaben bedeuten immer Ruhestände der Nadel, oft setzte sie dann die Bewegung in gleicher Richtung fort. Wo bei zwei Zeitangaben nur eine Scalenablesung mitgetheilt worden ist, stand die Nadel in dieser Zwischenzeit ganz stille. Auffallend war es aber, wie plötzlich die Nadel nach einem starken Stofs zur Ruhe kam; von Schwingungen um eine Gleichgewichtslage war fast nie etwas zu

bemerken. Es war als hätte die Nadel ihr Beharrungsvermögen ganz eingebüßt.

Viel größere Störungen wurden aber am 13. Sept. 1859 von uns wahrgenommen. Die Beobachtung fing an des Morgens 10^h 30^m und endigte um 12^h 23^m. Um 2 Uhr war die Nadel wieder zu ihrem Normalstand zurückgekehrt. Anfangs veränderte die Nadel nur allmählich ihren Stand, bis gegen 10^h 7 Uhr sehr heftige Stöße eintraten. Einige Beobachtungen sind hierunter mitgetheilt.

Zeit.	Scale.	Zeit.	Scale.
11 ^h 16 ^m 15 ^s	15,5	11 ^h 22 ^m 15 ^s	31,8
19 40	15,9	22 30	Großes Stöße.
20	43 Stöße	Schwingg. um einen Punkt	
20 30	25,5	zwischen 50 bis 60	
21 0	20	24	16
21 30	30	25	17,3
22	32,5	25 15	34 Stöße
		25 40	38

Um 2^h 30^m schien es, als hätten die Schwingungen eine Gleichgewichtslage zwischen 50 bis 60. Der ganze Ausschlag liefs sich nicht bestimmen, da die Ablesungen an beiden Seiten aufer den Bereich der ein Meter langen Scale fielen; muthmaßlich waren die Ausschläge von +110 bis -10, in welchem Fall die Differenz der beiden Stände der Nadel bis ungefähr 14° stieg.

Die Bewegungen der Nadel an beiden Tagen sind in Fig. 12 und 13 Taf. II graphisch dargestellt worden. Die Zeit ist als Abscisse, die Abweichung als Ordinate genommen. Eine Zunahme der Centimeter bedeutet eine Abweichung des Nordpols gen Westen.

Ueberdies zeigte die Nadel bisweilen kleine verticale Schwingungen. Da die Nadel aber an einem Faden aufgehängt war und sich also nur für Bewegungen in Declination eignete, läfst sich hieraus auf bedeutenden Intensitäts- oder Inclinations-Veränderungen schliessen.

Die magnetischen Störungen am 2. September wurden von elektrischen Strömen in den Telegraphen und vom

Nordlichte begleitet, und wegen der Gröfse der Störungen schien es mir anfangs nicht unwahrscheinlich, dafs die elektrischen Ströme nur von Inductionsströmen des veränderten Erdmagnetismus herrührten. Dafs diese letzteren Ströme nicht momentan waren, kann kein Einwurf gegen diese Hypothese seyn, da auch die Nadel anhaltend schwankte. Viel stärker waren aber die am 13. Sept. beobachteten Störungen. Ich hatte nicht Gelegenheit zu untersuchen, ob diese Störungen noch an anderen Stationen beobachtet worden sind; zu Utrecht am Meteorologischen Institut war sie nicht bemerkt worden, da man dort gewöhnlich nur zu bestimmten Zeiten observirt, und die Störung gerade zwischen den Beobachtungen um 8 und 2 Uhr eintrat. Nirgendwo habe ich aber einige Nachricht weder vom Nordlichte noch von telegraphischen Strömen vernommen. Um mich hiervon zu überzeugen, habe ich dem Hrn. J. J. von Kerkwyk, Niederl. Telegraphen-Ingenieur gebeten nachzusuchen, ob irgendwo etwaige Störungen bei den Telegraphen bemerkt worden wären. Es wurden aber weder in den verschiedenen Annalen, noch in den telegraphischen Archiven der Comptoirs Berichte von telegraphischen Störungen gefunden. Dieses Auftreten von starken magnetischen Störungen, ohne Begleitung von Nordlicht oder telegraphischen Störungen, scheint mir von Wichtigkeit für die Theorie. Diese drei Phänomene stehen jetzt eigentlich nebeneinander, ohne dafs sich bisher mit Sicherheit sagen läfst entweder, welches von diesen Folge oder Ursache sey, oder ob sie vielleicht alle drei Folge einer gemeinschaftlichen Ursache seyen. Die Frage wird offenbar sich beantworten lassen, wenn man Beobachtungen hat, wo ein oder zwei dieser Phänomene vereinzelt auftreten, und in dieser Hinsicht haben die Beobachtungen vom 13. Sept. vielleicht einigen Werth. Da die magnetischen Störungen am 2. Sept. in Begleitung von Nordlicht und telegraphischen Strömen, am 13. aber ganz allein auftraten, so folgt hieraus: 1) dafs diese telegraphischen Störungen keine vom veränderten Erdmagnetismus hervorgerufene Inductionsströme sind; 2) dafs

auch das Nordlicht nicht die Folge des gestörten Erdmagnetismus ist. Diese Schlüsse sind aber nur dann gerechtfertigt, wenn sich herausstellt, daß die Störungen vom 13. Sept. keine locale sind. Ob sie auch an anderen Stationen als zu Utrecht wahrgenommen worden sind, ist mir bis jetzt unbekannt, und ich theile diese Beobachtungen hauptsächlich mit, um die Aufmerksamkeit auf die magnetischen Beobachtungen dieses Tages zu richten. Ein Fehler in der Tagesangabe dieser Störung läßt sich wohl nicht annehmen, da die Beobachtungen regelmäßig im Tagebuche aufgeschrieben worden sind. Ebenso wenig konnte am Gebäude selbst eine locale Ursache zu diesen Störungen Veranlassung geben. Der Magnet stand frei, und überdies macht die lange Dauer von zwei Stunden dies schon unwahrscheinlich ¹⁾. Auch waren die Störungen ganz ähnlicher Art am 2. Sept., und ganz verschieden von denjenigen, welche wir beobachteten, wenn zufälligerweise Eisen in der Nähe des Magneten gebracht wurde.

Am 2. Sept. waren auch am meteorologischen Institute magnetische Beobachtungen angestellt worden, welche sich aber mit den unserigen nicht vergleichen ließen, da die dortige Scale viel zu kurz war. Sonst wäre es gewiß von Interesse an zwei Stationen den Gang der Nadel während einiger Zeit, z. B. einer Stunde fortwährend genau zu observiren, und die erhaltenen Curven zu vergleichen. Man sieht leicht ein, daß bei dergleichen Störungen Beobachtungen zu bestimmten Zeiten, z. B. von 5 bis 5 Minuten, den Gang der Veränderungen oft sehr modificirt angeben werden, und wenn dergleichen Beobachtungen an zwei verschiedenen Stationen angestellt worden sind, ein Unterschied von einigen Sekunden im Observiren zu ganz verschiedenen Curven Veranlassung geben kann. Wenn man aber bei Störungen, wie die am 2. und 13. Sept. nicht zu bestimmten Zeiten, sondern anhaltend während einiger Zeit, die

1) In der Zeichnung sind nur die Beobachtungen bis 11^h 40^m mitgetheilt. Im weiteren Verlauf von 12 bis 23 traten nur kleinere Schwankungen von 5 bis 8 Millimeter oder 5 bis 6 Minuten ein.

Nadel beobachtet, wird man vielleicht zu genaueren Resultaten über die Verbreitung dieser Abweichungen gelangen. Mittelst des elektrischen Telegraphen kann man sich mit den verschiedenen Stationen verständigen, um zu derselben absoluten Zeit zu observiren. Im Allgemeinen werden hiezu bei großen Schwankungen zwei Beobachter erfordert; einer für die Zeitbestimmung, der andere für die Scalentheile; man wird aber auf diese Art die Störungen mit astronomischer Genauigkeit bestimmen können. Ist auch die Zeit astronomisch bestimmt, so kann man nicht nur die an den verschiedenen Stationen erhaltenen Curven mit einander vergleichen, sondern auch den Verlauf der Störungen zwischen den verschiedenen Stationen genau verfolgen. Wenn z. B. ein Stofs an der einen Station eine Sekunde später eintritt als an der andern, wird sich dieß aus dergleichen Beobachtungen ergeben müssen. Zwar wird es seine Beschwerde haben, auf diese Art während vieler Stunden die Beobachtungen fortzusetzen, aber es hat vielleicht größeren Werth bei magnetischen Störungen während einer kurzen Zeit die Bewegungen der Nadel gleichzeitig an verschiedenen Stationen genau zu bestimmen, als während ganzer Tage von fünf zu fünf Minuten zu beobachten.

Januar 1861.

IX. Chemisch-analytische Beiträge; von H. Rose.

Ueber die quantitative Bestimmung des Uranoxyds.

Fällung des Uranoxyds durch Schwefelammonium.

Man kann das Uranoxyd vollständig aus seinen Lösungen in Säuren, nachdem sie durch Ammoniak gesättigt sind, ausser durch Ammoniak auch durch Schwefelammonium niederschlagen. Auch wenn die Lösung viel von ammoniakalischen Salzen enthält, so ist die Fällung vollständig. Nur kohlensaures Ammoniak oder kohlensaure Alkalien überhaupt dürfen nicht vorhanden seyn. Der Niederschlag ist schwarz; wendet man einen grossen Ueberschuss des Schwefelammoniums an, so kann er braunroth werden. Er ist in einem Ueberschuss von Schwefelammonium nicht löslich. Durch Schwefelammonium kann man das Uranoxyd von mehreren Oxyden trennen, deren Scheidung sonst mit Schwierigkeiten verknüpft ist. Das Auswaschen des Niederschlags geschieht mit Wasser, zu dem etwas Schwefelammonium hinzugefügt worden ist.

Der durch Schwefelammonium erzeugte Niederschlag enthält kein Schwefeluran, und besteht wesentlich aus Uranoxydul. Wenn er durch ein grosses Uebermaass von Schwefelammonium gefällt worden ist, so kann er Schwefelammonium enthalten.

Nach dem Trocknen röstet man den Niederschlag, weil er etwas Schwefel enthalten könnte, und glüht das Geröstete in dem früher in diesen Annalen beschriebenen Apparate in einem Strome von Wasserstoffgas ¹⁾. Man erhält dann reines Uranoxydul. Da dasselbe indessen beim Erhitzen sehr empfindlich gegen kleine Mengen von Sauerstoff ist, und das um so mehr, je weniger stark es geglüht worden ist, so muss während der Reduction eine möglichst

1) Pogg. Ann. Bd 110, S. 122.

starke Hitze und während des allmählichen Erkalts ein starker Strom von Wasserstoffgas angewandt werden. Enthielt die Lösung viel Kalisalze, oder Salze von anderen feuerbeständigen sehr starken Basen, oder ist die Fällung durch Schwefelkalium bewirkt worden, so können Kali oder andere Basen im Niederschlage enthalten seyn.

Hr. Finkener löste 1,3238 Grm. Uranoxydul (durch Glühen von reinem Uranoxyd in einem Strome von Wasserstoffgas erhalten) in Salpetersäure auf, neutralisirte die Lösung mit Ammoniak und fügte dann Schwefelammonium hinzu. Der Niederschlag wurde eine halbe Stunde hindurch geröstet, und sodann im Wasserstoffstrome geglüht. Es wurden 1,3240 Grm. Uranoxydul wieder erhalten. Dasselbe wurde sodann wiederum in Salpetersäure gelöst; Chlorbaryum brachte in der verdünnten Lösung keine Trübung hervor.

Trennung des Uranoxyds von anderen Metalloxyden.

Die Trennung des Uranoxyds von den meisten Metalloxyden, namentlich von solchen, welche aus ihren Lösungen vollständig durch Schwefelammonium als Schwefelmetalle gefällt werden können, kann sehr gut auf die Weise bewerkstelligt werden, daß man die Lösung mit kohlensaurem Ammoniak im Ueberschufs versetzt, zu welchem Schwefelammonium hinzugefügt worden ist. Alle Oxyde, welche durch Schwefelammonium in Schwefelmetalle verwandelt werden, setzen sich als solche ab, während das in Uranoxydul verwandelte Uranoxyd sich im kohlensauren Ammoniak auflöst. Man läßt das Ganze in einem bedeckten Glase oder besser in einem verkorkten Kolben sich absetzen, wäscht zuerst den Niederschlag durch Decantiren mit Wasser aus, zu welchem man etwas Schwefelammonium und kohlensaures Ammoniak hinzugefügt hat, und bringt ihn endlich aufs Filtrum. Nach dem völligen Auswaschen mit Wasser, welches die genannten Bestandtheile enthält, wird die filtrirte Flüssigkeit zuerst sehr gelinde erhitzt, um den größten Theil des kohlensauren Am-

moniake zu verjagen, darauf wird das Schwefelammonium durch Chlorwasserstoffsäure zerstört, durch Salpetersäure das Uranoxydul in Oxyd verwandelt, dieses durch Ammoniak gefällt, und durchs Glühen im Wasserstoffstrome in Oxydul verwandelt. Die Schwefelmetalle werden dann nach bekannten Methoden behandelt.

Zu einer Lösung von 0,849 Grm. krystallisirten salpetersauren Uranoxyds ($\ddot{U} \ddot{N} + 6H$) wurden bedeutende Mengen von schwefelsaurem Zinkoxyd, schwefelsaurem Manganoxydul, schwefelsaurem Kupferoxyd und von essigsau-rem Bleioxyd hinzugefügt, und das Ganze mit Schwefelammonium und mit kohlensaurem Ammoniak auf die oben angeführte Weise behandelt. Hr. Finkener erhielt 0,453 Grm. Uranoxydul, also 53,36 Proc. Aus 0,833 Grm. des- selben Salzes erhielt er durch Erhitzen und nachheriges Glühen im Wasserstoffstrome 0,447 Grm. Uranoxydul, oder 53,66 Proc.

Wird auf diese Weise eine Lösung behandelt, die au-ßer Uranoxyd nur Zinkoxyd enthält, so verursacht die Ab-scheidung des Schwefelzinks Schwierigkeiten, da dasselbe beim Filtriren die Poren des Filtrums leicht verstopft, was nicht der Fall ist, wenn das Schwefelzink mit anderen Schwefelmetallen gemengt ist. Man muß in jenem Falle das Schwefelzink vor dem Filtriren sich gut absetzen lassen.

**X. Vergleichung von Zippe's Vanadit mit der Mineralspecies Descloizit;
von Albrecht Schrauf.**

Aus der Gruppe $\text{PbO} + m(\text{VO}_3)$ wurden im letzten Decennium drei neue Mineralspecies aufgestellt, es sind diese 1850 Dechenit Bergemann, 1854 Descloizit Damour, 1861 Vanadit Zippe. Der diesen Verbindungen gemeinsame Charakter ist: krystallinisch oder in prismatischen Krystallen, orangengelber Strich, $H = 3,5$, $D = 5,8$, $\text{PbO} = 50$ bis 60 Proc.

Der Dechenit ward von Krantz am Harz gefunden in krystallinischen Aggregaten; Bergemann bestimmte denselben als $\text{PbO} \cdot \text{VO}_3$, da nun Beobachtungen über die Krystallgestalt fehlten, so war es begründet, daß Damour, als er durch Saemann ein Stück Descloizit des Fundorts Peru erhielt, diese wohl bestimmten prismatischen Krystalle als eine neue Species aufstellte; seine Angaben über die übrigen physikalischen Eigenschaften stimmen mit denen von Bergemann überein, nur fand er wegen vieler Beimengungen einen geringern Procentgehalt von Vanadinsäure, so daß er die Verbindung als $2 \text{PbO} \cdot \text{VO}_3$ ansah.

Ein diesen Verbindungen analoges und, wie ich zu beweisen suchen werde, identisches Mineral fand ich zu Obir bei Kappel in Kärnthen, und gab Zippe Gelegenheit dasselbe unter dem Namen rhombischer Vanadit als eine neue Species zu bestimmen; seine Angaben der Eigenschaften stimmen vollständig mit denen des Descloizit, hingegen die chemische Formel, durch Dr. Tschermak ermittelt¹⁾, mit dem Dechenit überein. Zippe führt wohl die Uebereinstimmung mit dem Dechenit an und sagt, „daß wohl kaum zu zweifeln ist, daß beide als Varietäten einer und derselben Mineralspecies zu betrachten sind,“ allein er erwähnt in seiner ganzen Abhandlung nicht des Descloizits, obgleich

1) Dr. Tschermak, Wien. Sitzungsber. XLIV. 157.

letzteres Mineral, durch Damour und Descloizeaux vollkommen bestimmt schon in alle neueren mineralogischen Werke übergegangen und, nebenbei gesagt, mit dem Vanadit sicher ident ist.

Um diese Identität zu ermitteln, verglich ich nicht nur die für Descloizit und Vanadit angegebenen Charakteristiken, sondern stellte auch selbständige Untersuchungen an; denn sollte nicht in der Mineralogie eine Verdopplung derselben Species vorkommen, so mußte ich, weil von dieser so seltenen Substanz außer den Originalexemplaren in den kaiserlichen Museen von Paris und Wien vielleicht für längere Zeit keine andere Stücke dem Studium zugänglich und vorhanden sind, die Gelegenheit ergreifen und an Zippe's Originalexemplar die letzten vergleichenden Studien machen. Um nun den Identitätsbeweis zu führen, muß ich vor allem eine Gegenüberstellung der Charakteristiken folgen lassen.

Descloizit: Damour¹⁾.

Vanadit: Zippe¹⁾.

A) *Il constitue un groupe de petits cristaux accolés, ayant environ 1 à 2 millimètres de diamètre, dont la forme est un octaèdre dérivant d'un prisme rhomboïdal droit de 116° 25' et présentant des troncatures sur les arêtes de la base.*

B) *Les faces des cristaux, quoique miroitantes, sont presque toutes striées, rugueuses et montrent çà et là de nombreuses vacuoles.*

C) *Ces cristaux ne m'ont pas laissé apercevoir aucun cli-
vage. Lorsqu'on observe ces*

A) Die sehr kleinen Krystalle, von denen die zu Messungen geeigneten kaum $\frac{1}{2}$ Linie groß sind, ergeben sich als rhombische Pyramiden. Nur an einigen wenigen Krystallen ließen sich schwache Abstumpfungen einiger Kanten wahrnehmen.

B) Die Flächen selbst der kleinsten Krystalle sind zwar glatt und glänzend, aber nicht vollkommen eben.

C) Theilbarkeit konnte nicht beobachtet werden, der Bruch zeigt sich uneben. Der

1) Damour, *Ann. de chim. Sér. III. T. 41, p. 72.*

2) Zippe, *Wien. Sitzungsber. XLIII.*

cristaux à la lumière réfléchie, on remarque qu'ils sont doués d'un vif éclat.

Leur couleur, en général est le noir foncé; quelques-uns cependant, et surtout les plus petits, montrent une teinte olive avec un éclat bronzé chatoyant. Vus par transparent, ils laissent apercevoir aussi, mais sur le bord des arêtes seulement, une teinte brune tirant sur le rouge.

Ce mineral raye le calcaire, il est rayé par la fluorine.

La densité, prise à la température de + 15 degrés centigrades, est de 5,839.

D) Il se dissout à froid dans l'acide azotique étendu de six fois son volume d'eau et laisse un résidu d'oxyde brun de manganèse mêlé d'une quantité variable de sable siliceux provenant de la gangue. La dissolution est incolore.

Chauffé sur le charbon, à la flamme du chalumeau, il se fond, se réduit partiellement en globules de plomb métallique enveloppés d'une matière noire scoriacée. Après le refroidissement du charbon, la masse fondue se montre entourée d'une auréole jaune.

Fondu avec le borax au feu de réduction, il donne un

Glanz ist ziemlich lebhaft und hält Mittel zwischen Demantglanz und Fettglanz.

Die Farbe ist nelkenbraun, der Strich oraniengelb in's ochergelbe geneigt. In lebhafter Beleuchtung zeigen die Krystalle und nachahmenden Gestalten Fluorescenz.

Sie sind durchscheinend mit röthlichbrauner in's hyacinthrothe geneigter Farbe.

Spröde.

Die Härte = 3,0 — 3,5

Das specifische Gewicht wurde von Hrn. Dr. Tschermak an einer sehr kleinen Menge = 5,83 gefunden.

D) Das gepulverte Mineral ist in verdünnter Salpetersäure ohne Aufbrausen vollkommen auflöslich; die Auflösung erscheint ohne merkliche Färbung.

Vor dem Löthrobr schmilzt es auf Kohle in der äußeren Flamme leicht zu einem braunen Kügelchen, welches sich bei fortgesetztem Blasen in der inneren Flamme unter Blasenwerfen zu einer schwarzen Schlacke umändert, in welcher Bleikörnchen deutlich sichtbar sind; dabei bedeckt sich die Kohle mit einer lebhaft grünlich gelben Aureole, deren Farbe nach dem

verre de couleur verte: si l'on y ajoute un peu de nitre et que l'on chauffe en suite au feu d'oxydation, on obtient une teinte violette, qui caractérise la présence des oxydes des maganèse.

E) (Descloizeaux)¹⁾. Les faces $b\frac{1}{2}$ étant les plus unies et les plus miroitantes, ce sont leurs incidences qui m'ont fourni les éléments nécessaires pour déterminer les dimensions de la forme primitive

$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$ adjacent $127^{\circ} 10'$

$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$ sur m $115^{\circ} 10'$

$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$ sur c $88^{\circ} 18'$

Erkalten fast verschwindet, bei nochmaliger Erwärmung wieder erscheint.

Mit Borax auf Platindraht giebt es eine dunkel gelblich rothe, nach dem Erkalten dunkel olivengrüne Perle.

E) Nach den von Dr. Grailich und Dr. Weiss vorgenommenen Messungen schwankt die Größe der Kante

y zwischen $125^{\circ} 28' - 125^{\circ} 56'$

x " $113^{\circ} 15' - 113^{\circ} 35'$

z " $90^{\circ} 8' - 91^{\circ} 30'$

Letztere nach 12 Messungen von Grailich.

Aus dieser Zusammenstellung läßt sich schon nahezu mit Sicherheit schließen, das beide Mineralien identisch sind, was auch Hr. Saemann aus Paris, der frühere Besitzer des Original exemplars von Descloizit, sogleich erkannte, als er in den Sammlungen des Hofmineralienkabinetts in Wien den Vanadit sah. Allein es treten in den obigen Bestimmungen beider Mineralien einige Differenzen zu Tage, sowohl in Beziehung auf krystallographische als chemische Eigenschaften, welche ich auf Grundlage meiner eigenen Forschungen im Nachfolgenden besprechen werde.

Aus den oben angegebenen Winkelwerthen ergibt sich nämlich als Axenverhältniß für

Descloizit $a : b : c = 1 : 0,8296 : 0,6198$

Vanadit $a : b : c = 1 : 0,8312 : 0,6498$

Es differiren also die Werthe der Axé c , ebenso wie der Kante z , welche letztere Abweichung um so wichtiger ist da sie den Winkel von 90° und hiemit die Möglichkeit betrifft eine pyramidale Gestalt vor sich zu haben, was selbst mit den Messungen (betrachtet man die Gestalt als

1) Descloizeaux, *Ann. de Chim.* III. ser. 41. vol. p. 78.

Combination von Prisma und Doma), wie sie von Zippe für die beobachtete einfache Pyramide angeführt werden, vereinbar wäre. Diese Vermuthung zeigt sich jedoch unbegründet, denn meine jetzigen Messungen an sehr schönen ausgesuchten Krystallen von Vanadit geben für die beiden anliegenden Kanten $(111)(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ und $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})(111)$ den Werth 91° bis 92° ; welcher nicht mit dem von Zippe angegebenen, sondern mit dem von Descloizeaux vollständig übereinstimmt. Es drängt sich mir daher der Gedanke auf, daß bei dem von Grailich gemessenen Winkel entweder der Pol- und Kanten- oder anderseits der Normal- und Supplementwinkel vertauscht worden sey, indem erstens Grailich die Krystalle (die damals untersucht wurden, wie ich theils selbst weiß, theils mir auch neuerdings Dr. Ad. Weiss bestätigte, bedeutend schlechter ausgebildet waren, als die von mir jetzt ausgesuchten) als pyramidal betrachtete und daher wahrscheinlich den Polwinkel angab, zweitens Dr. Weiss an seinen Exemplaren eben diesen Winkel nicht messen und daher keine Controle seiner Messungen üben konnte.

Meine untersuchten Krystalle waren Octaëder $(111, b_1^1)$ mit einer feinen Abstumpungsfläche $(101, m)$; die Winkel ließen sich an den unter 1 Millimeter großen Exemplaren sicher bestimmen; sie sind:

	Descloizeaux.		Schrauf.	
	Rechnung	Beobachtung	Beobachtet	
$(111)(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$127^\circ 10'$	$127^\circ 10'$	126°	bis 128°
$(111)(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$64^\circ 50'$	$64^\circ 50'$	$64^\circ 30'$	— $65^\circ 30'$
$(111)(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$91^\circ 42'$	—	91°	— 92°
$(101)(101)$	$116^\circ 25'$	$116^\circ 30'$	—	—
$(101)(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$67^\circ 56'$	—	66°	— 68°

Aus diesen Zahlen, welche, da ich an einigen Krystallen alle Winkel zur nöthigen Orientirung maß, sicher sind, folgt hiemit die krystallographische Identität der Formen

von Descloizit und Vanadit und das Axenverhältniß ist daher für beide

$$a : b : c = 100 : 010 : 001 = 1 : 0,83 : 0,62.$$

Gehen wir nun zur zweiten wichtigen Differenz über, so ist diese: daß der Descloizit nach Damour $2\text{PbO} \cdot \text{VO}_3$ ist, während Tschermak den Vanadit als $\text{PbO} \cdot \text{VO}_3$ bestimmt. Der Mangel an Material, über welchen sich schon die beiden erwähnten Autoren beklagten, hindert wohl bis zur Zeit der Entdeckung eines häufigeren Vorkommens eine definitive Entscheidung.

Tschermak findet 54,3 Proc. PbO , während Damour nach Ausschluss des Unlöslichen 60,4 Proc. PbO angiebt, hingegen auf die Beimengungen von Zink, Eisen und Mangan Rücksicht nimmt, und so mindert sich bei ihm der Vanadinsäuregehalt herab. Im Vanadit giebt Tschermak als Beimengung Zink qualitativ aber nicht quantitativ an; eine Löthrohrprobe konnte mir nicht genügende Gewissheit geben, ob noch überdies Mangan beigemischt sey. Da der Charakter dieser Beimengungen völlig unbestimmt ist, so kann man wohl den Ausspruch Rammelsberg's (Miner. Chem. 313.) über Descloizit »die Natur des Minerals ist noch nicht sicher« als begründet ansehen. Die Analysen von Vanadit und Descloizit stimmen aber in einem Punkte überein, beide gaben einen geringeren Procentgehalt von Vanadinsäure als die neutrale Verbindung fordert; man hat daher einigen Grund zu vermuthen, bedenkt man die vollständige Uebereinstimmung der Löthrohrproben, Lösungen, Beimengungen und Dichte, daß beide $\text{PbO} + m(\text{VO}_3) - [m = \frac{2}{3}??]$ — im wesentlichen seyen.

Aus der bisherigen Betrachtung ergiebt sich wohl zur Genüge, daß die von Zippe aufgestellte neue Species Vanadit identisch mit Damour's Descloizit ist; mit beiden ist aber zugleich der Dechenit Bergemann's zu vereinen, ich habe aber nicht nöthig dies zu begründen, denn alle seine Charaktere stimmen mit denen des Vanadit überein und Zippe nennt ihn ja selbst schon die krystallinische Varietät.

Von den drei Namen, welche dasselbe Mineral im Laufe des letzten Decenniums erhalten hat, glaube ich nun jenen beibehalten zu müssen, unter welchem die ersten vollständigen physikalischen und chemischen Bestimmungen veröffentlicht wurden: es ist dieß *Damour's Descloizit*.

Wien, im Mai 1862.

XL. Ueber die Beobachtung des Erdstromes in Telegraphen-Linien; von Dr. J. Lamont.

Es sind kürzlich zwei sehr bemerkenswerthe Abhandlungen erschienen, welche auf den causalen Zusammenhang der magnetischen Variationen mit den in Telegraphendrähten beobachteten elektrischen Strömen und auf die Richtung dieser Ströme sich beziehen. Die erste Abhandlung ist von Hrn. C. V. Walker¹⁾, und hat die an Störungstagen beobachteten Ströme zum Gegenstande. Durch Combination der an verschiedenen Telegraphenstationen der South-Eastern Eisenbahn aufgezeichneten Galvanometerbewegungen gelangt er zu dem Resultate, daß die außerordentlichen Ströme, welche von Zeit zu Zeit eintreten, eine bestimmte Richtung haben und von Nordost nach Südwest unter einem Winkel von $41\frac{1}{2}^{\circ}$ gegen den Meridian sich bewegen; was die Uebereinstimmung mit den magnetischen Variationen betrifft, so weist er zwar die *Gleichzeitigkeit* aber nicht die *Aehnlichkeit* nach, und drückt sich sehr unbestimmt darüber aus, ob die magnetischen Bewegungen theilweise oder ganz den Strömen zuzuschreiben seyen.

Die zweite Schrift ist von Hrn. Lloyd²⁾, der aus den

1) C. V. Walker, *On magnetic storms and Earth-Currents*. Philos. Trans. 1860, wovon der Hr. Verf. die Güte hatte, mir einen Separat-Abdruck zu übersenden.

2) Lloyd, *On Earth-Currents and their connexion with the diurnal*

von Hrn. Barlow¹⁾ veranstalteten continuirlichen Aufzeichnungen der Telegraphenströme sieben Tage (18., 21., 22., 25., 26., 28., 29. Mai 1848) heraushebt, und die sich ergebenden Mittelwerthe mit den mehrjährigen Mittelwerthen der Declinations- und Intensitätsbeobachtungen in Dublin für den Monat Mai vergleicht. Die Uebereinstimmung ist (allerdings nach mehrfachen Ausgleichungen) sehr befriedigend.

Beide Ergebnisse, die Richtung der Ströme nach Hrn. Walker und die Uebereinstimmung mit dem täglichen Gange der magnetischen Instrumente nach Hrn. Lloyd, stehen mit den von mir in meiner Schrift »Der Erdstrom und der Zusammenhang desselben mit dem Magnetismus der Erde²⁾« aufgestellten Lehrsätzen so sehr in Widerspruch, daß es wohl nicht unzweckmäÙig erscheinen wird, wenn ich hier in Kürze einige Erläuterungen zu geben versuche.

Sowohl Hr. Lloyd als Hr. Walker haben die elektrischen Bewegungen in den Drähten als vom Erdstrome allein herrührend und mithin als wahren Ausdruck des Erdstromes betrachtet. Nun zeigen aber meine Beobachtungen, daß die elektrischen Bewegungen, welche in telegraphenartig aufgespannten Drähten entstehen, nur zum geringsten Theile dem Erdstrome zugeschrieben werden können, und bei weitem der größte Theil durch zufällige Ursachen, namentlich durch die Wärme hervorgerufen wird. Allerdings habe ich an kurzen Drahtleitungen meine Beobachtungen angestellt, aber wenn man damit die sehr zweckmäÙig von

changes of the horizontal magnetic needle. Trans. of the Roy. Irish Acad. Vol. XIV, wovon ich durch die Güte des Hrn. Verf. einen Separatabdruck erhielt (ich ebenfalls. P.).

1) Barlow, *On the spontaneous electrical currents observed in the wires of the Electric-Telegraph. Philos. Trans.* 1849, 61.

2) Die Schrift ist erst kürzlich bei Leopold Vofs in Leipzig erschienen und enthält eine vollständige Darstellung der Einrichtungen und Instrumente, welche nöthig sind, um den Erdstrom zu beobachten, so wie die Resultate, zu welchen die bisherige Beobachtung geführt hat.

Hrn. Baumgartner¹⁾ veranstalteten Versuche an der Telegraphenlinie Wien-Grätz vergleicht, so wird man wohl zu dem Schlusse kommen müssen, daß in der oben erwähnten Beziehung die langen Linien gleichen Zufälligkeiten wie die kurzen unterworfen sind. Die Uebereinstimmung, welche Hr. Lloyd gefunden hat, kann ich demnach nur dahin auslegen, daß die tägliche Periode der Temperatur, welche am meisten Einfluß ausübt, mit der magnetischen Periode eine allgemeine Aehnlichkeit hat, und diese Auslegung finde ich durch den Umstand bestätigt, daß, wenn man die Telegraphenströme und die correspondirenden Beobachtungen der magnetischen Variationen an *einzelnen* Tagen vergleicht, in den oft sehr beträchtlichen Ein- und Ausbeugungen der Curven die entschiedenste Disharmonie sich offenbart.

Die neue und ganz zweckmäßige Vergleichungsmethode, welche Hr. Lloyd angewendet hat, macht es unnöthig zu untersuchen, ob die Stärke der Ströme von der Länge und Beschaffenheit der Leitung abhängt; bei dem Resultate des Hrn. Walker aber wäre die Entscheidung dieses Punktes ein wesentliches Erforderniß gewesen. Außerdem würde es nöthig gewesen seyn zu untersuchen, in wie fern der Strom von einer Linie auf die andere *übergehen* konnte, denn es ist einleuchtend, daß, wenn die Erdplatten zweier Leitungen ganz nahe an einander versenkt sind (wie dies so häufig der Fall ist), ein solcher Uebergang stattfinden kann. Auf diese Weise könnte ein starker Strom sogar durch eine auf seiner Richtung senkrechte Leitung sich bewegen, wenn er auf diesem Wege in eine andere, mit seiner Richtung näher übereinstimmende Leitung gelangt. Bedenkt man nun, daß Hr. Walker weder auf die Länge der Linien noch auf den Uebergang der Ströme von einer Linie in die andere Rücksicht genommen hat, und überdies die einzelnen Beobachtungen beträchtlich von einander abwei-

1) Baumgartner, Ueber die Wirkung der natürlichen Elektricität auf die Drähte der elektromagnetischen Telegraphen. Pogg. Ann. LXXVI. S. 135.

chen, so erscheint es vorerst am zweckmässigsten, eine weitere Bestätigung des erlangten Resultates abzuwarten. Wenn wirklich ein andauernder Strom in der von Hrn. Walker angegebenen Richtung sich fortpflanzen würde, so müßten die Bewegungen in der Linie Nord-Süd größer seyn als in der Linie Ost-West. Ein solcher Fall ist mir jedoch niemals, sey es bei ruhigem, sey es bei gestörtem Stande der magnetischen Instrumente, vorgekommen.

XII. Berichtigung zu der Abhandlung über das selenensaure Nickeloxydul mit fünf Atomen Wasser¹⁾; von Dr. G. vom Rath.

Die abnormen Verhältnisse, welche das unter obigem Namen beschriebene Salz zeigte, haben auf gütige Veranlassung des Königl. Geheim-Raths Mitscherlich zu einer nochmaligen chemischen Untersuchung der betreffenden Krystalle geführt, über welche mir Prof. Landolt Folgendes mittheilte:

»Bei der von H. Sell dargestellten Lösung von selen-saurem Nickeloxydul hatten sich beim Verdunsten eine Anzahl größerer Krystalle neben einer bedeutenderen Menge sehr kleiner von derselben Färbung abgelagert. Diese letztern dienten als Material zu der in der Abhandlung angeführten Analyse, deren Richtigkeit nachträglich noch durch eine zweite Nickelbestimmung, welche 25,8 Proc. NiO ergab, sich bestätigt hat. Von den wenigen großen Krystallen, die zu den krystallographischen Messungen benutzt wurden, konnten keine zur Analyse geopfert werden, da das Präparat Eigenthum des hiesigen physikalischen Cabinets war, und zu andern Versuchen angewandt werden sollte. Eine Untersuchung dieser größern Krystalle hat nun erge-

1) Im vorigen Bande dieser Annalen S. 483.

ben, daß dieselben eine beträchtliche Menge von Kali enthalten, und daher ohne Zweifel das Doppelsalz $\text{NiO} \cdot \text{SeO}_3 + \text{KO} \cdot \text{SeO}_3 + 6 \text{HO}$ darstellen, womit auch ihre Krystallform im Einklang steht. Es muß das bei der Bereitung angewandte kohlen saure Nickeloxydul, welches nicht aus dem hiesigen Laboratorium stammte, kleine Mengen von Kali enthalten haben, die sich vollständig in den größern Krystallen des Doppelsalzes sammelten. In den kleinen Krystallen liefs sich mit Platinchlorid kein Kali nachweisen, nur mittelst des Spectralapparates waren schwache Spuren desselben erkennbar.

Es gelten also die von mir angeführten Messungen nicht für selensaures Nickeloxyd, sondern für das Kalidoppelsalz, und es fällt damit der in der Abhandlung angedeutete Widerspruch gegen das Gesetz der Isomorphie fort.

XIII. Ueber das Badesalz und die Mutterlauge aus dem iodhaltigen Wasser der Dessa Molong auf Java; von E. H. von Baumhauer.

In der Dessa Molong, District Goenong Kending, Residenz Soerabaya auf der Insel Java, befindet sich ein Brunnen, dessen Wasser wegen seines Iodgehaltes zu medicinischem Gebrauche nach Europa gesendet wird. Am Platze selbst aber findet eine geregelte Gewinnung von Kochsalz und Iod statt. Das Wasser wird nämlich durch Gradiren concentrirt und in eisernen Pfannen verdampft, so lange noch Salz auskrystallisirt. Die übrigbleibende Mutterlauge wird als solche in Flaschen nach Europa geschickt oder kommt auch eingedampft als Badesalz in den Handel, auch wird am Orte selbst die Mutterlauge mittelst Braunstein und Schwefelsäure auf Iod verarbeitet.

Das Wasser aus dem Brunnen der Dessa Molong ist

bereits dreimal chemisch untersucht worden; 1850 durch Hrn. P. J. Maier zu Batavia; 1857 durch Hrn. L. J. J. Michielsens, 1855 geschöpft; 1858 durch Hrn. H. C. Dibbits, 1857 dem Brunnen entnommen; die beiden letzteren Untersuchungen sind im Laboratorium der Utrechter Hochschule vorgenommen¹⁾. Diese Untersuchungen haben ergeben, daß 100 Grm. des Wassers enthalten:

	Maier.	Michielsens.	Dibbits.
Kohlens. Kali	—	—	0,0860 Grm.
„ Natron	1,1291	—	0,0605 „
„ Kalk	0,7115	0,5807	0,6405 „
„ Magnesia	0,2476	0,3160	0,2962 „
Chlornatrium	23,025	24,2967	24,0987 „
Iodnatrium	0,0934	0,1040	0,0957 „
Chlorammonium	0,0713	—	—
Kieselsäure	0,0023	0,0474	0,0440 „
Total	25,2802	25,3448	25,3216 Grm.

Freie und gebundene

Kohlensäure	0,9053	1,4284	1,6656 Grm.
Schwefelwasserstoff	Spur	Spur	Spur
Phosphorsäure	—	—	Spur
Kohlens. Eisenoxydul	Spur	—	—
Schwefels. Kalk	Spur	—	Spur
Bromnatrium	Spur	—	—

1859 ist von mir das trockne Badesalz untersucht worden, welches ein feuchtes gelblich weißes krystallinisches Salz war, wobei sich ergeben hat, daß 1000 Gewichtstheile enthielten:

Chlornatrium	908,84
Kohlensaures Natron	33,55
Schwefelsaures Natron	4,44
Iodmagnesium	2,28
Iodnatrium	1,06
Chlorkalium	0,12
Bromnatrium	nicht bestimmt
Lithion	Spur
Wasser	42,18
Org. Stoffe und Verlust	7,53
	<hr/> 1000,00

1) *Scheikundige Verhandelingen en onderzoeken, uitgegeven door Ch. J. Mulder, D. II St. 2 p. 173.*

In diesem Jahre endlich wurde ich zur Untersuchung der Mutterlauge aufgefordert, welche als eine klare braune Flüssigkeit in gewöhnlichen Weinflaschen eingeführt wird mit der Etiquette:

Exploitation des eaux minérales. Eau mère jodurée de Molong. District Goenong Kending, Résidence de Soerabaya, Ile de Java. In einigen Flaschen fanden sich am Boden schiefprismatische Krystalle von $\text{NaCl} + 4\text{HO}$; die Dichtigkeit der Lauge verglichen mit Wasser von 4°C . wurde gefunden $= 1,2332$ bei 15°C .

Die chemische Untersuchung, welche ich gemeinschaftlich mit meinem Assistenten Dr. F. Seelheim ausgeführt habe, hat folgende Resultate ergeben.

10 Ccm. auf Sandfiltern verdampft und bei 130°C . getrocknet, hinterliessen nach zwei Proben 3,522 und 3,530 Grm. trocknes Salz, also in 1000 Theilen 352,6 feste Bestandtheile.

20 Ccm. wurden mit Wasser auf 100 Ccm. verdünnt und davon 20 Ccm. mit salpetersaurem Silber gefällt und mit Salpetersäure angesäuert; es wurden gefunden 2,9923 Grm. Silberhaloidverbindungen; hiervon wurden genommen 1,9674 Grm., welche durch Umsetzung in Chlorsilber verloren 0,0170; bei einer andern Probe verloren 1,635 Grm. 0,014.

40 Ccm. der Lauge gaben Palladium bei drei Proben 0,071, 0,072 und 0,076, aus welchen Proben sich durch Berechnung auf 1000 Ccm. der Lauge ergeben:

Chlor	17,962
Brom	0,593
Iod	0,435

Aus 40 Ccm. wurden gefunden SO_4 Ba 0,210, also SO_4 in 1000 Ccm. 0,216.

20 Ccm. der Lauge wurden mit einem klaren Gemisch von Chlorbarium und Ammoniakflüssigkeit bei Abschluss der Luft gefällt; der abfiltrirte und ausgewaschene Niederschlag ergab durch Titrirung 0,1905, eine andere Probe 0,1892 Grm. Kohlensäure, woraus sich ergeben in 1000 Ccm. 1,294 CO_2 .

Bei der Untersuchung ergab sich ferner, daß kein Kalk und nur unwägbare Spuren von Eisenoxyd und Magnesia vorhanden waren, so daß zur Bestimmung der Alkalien 20 Ccm. der Lauge mit reiner Schwefelsäure verdampft und der Ueberschuß der Schwefelsäure durch Glühen und kohlen-saures Ammoniak verjagt wurde; es wurden gefunden schwefelsaures Natron und Kali 8,3294.

Endlich wurden aus 20 Ccm. Lauge erhalten Kalium-platinchlorid 0,7725, also in 1000 Ccm. Lauge 13,044 Natrium und 0,620 Kalium.

Außerdem wurde durch das Spectrum unter Anwendung eines Babinet'schen Goniometers sowohl in der Mutter-lauge, als in dem früher untersuchten Badesalz sehr deutlich die Gegenwart von Lithium angezeigt, welches jedoch nicht quantitativ zu bestimmen war.

Aus den angegebenen Resultaten folgt als Zusammen-setzung der Mutterlauge:

	In 1 Kilo.	In 1 Liter.
Chlornatrium	232,51	286,73 Grm.
Kohlensaures Natron	18,53	22,86 "
Chlorkalium	9,58	11,81 "
Schwefelsaures Natron	2,58	3,19 "
Iodnatrium	4,17	5,14 "
Bromnatrium	6,19	7,63 "
Natron, an organ. Säuren gebund.	4,66	5,75 "
Eisenoxyd	Spur	Spur
Magnesia	"	"
Lithion	"	"
Organische Stoffe und Verlust	7,79	9,49 "
Total	285,92	352,60 Grm.